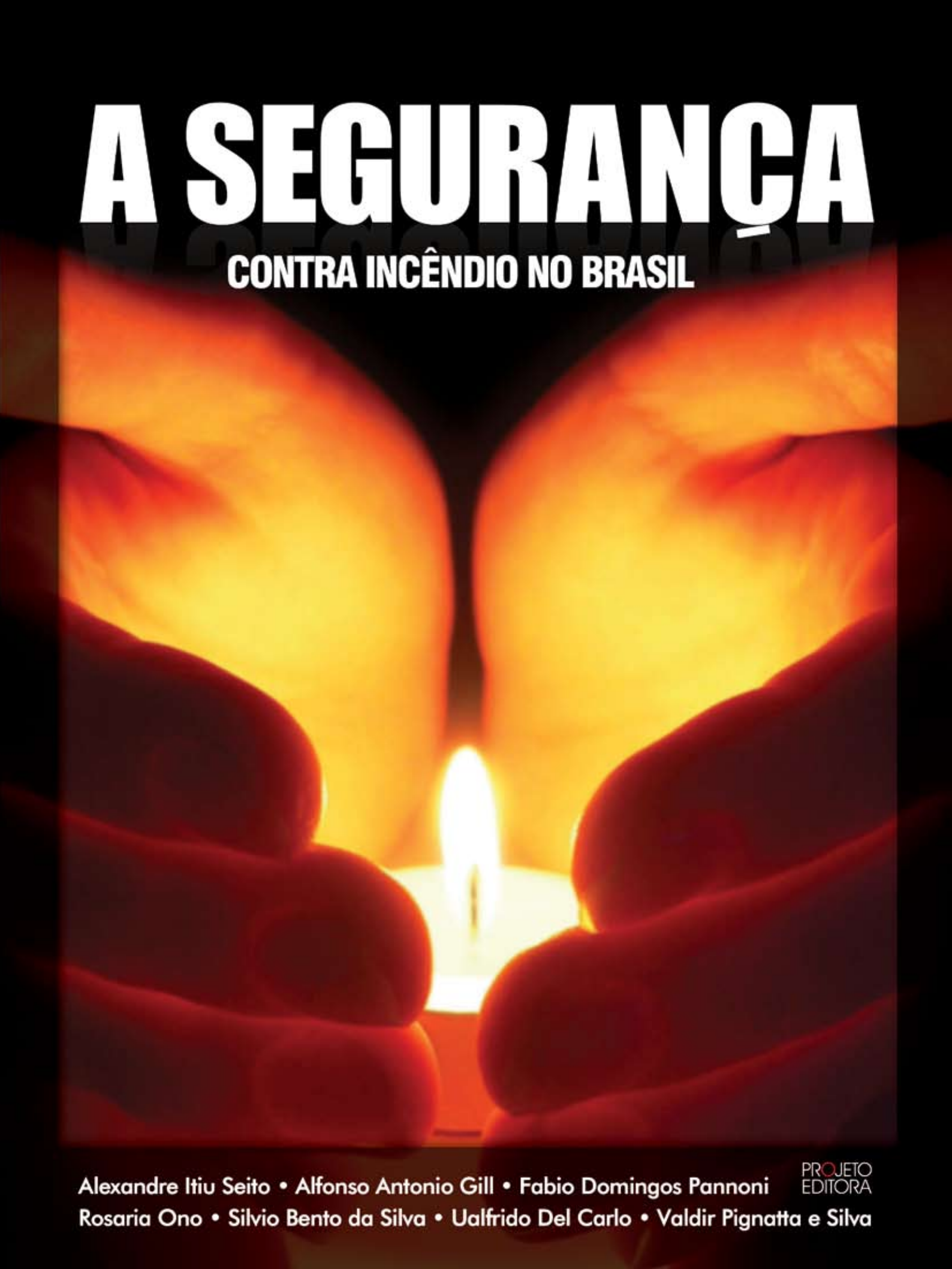
A SEGURANÇA

CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL



Alexandre Itiu Seito • Alfonso Antonio Gill • Fabio Domingos Pannoni
Rosaria Ono • Silvio Bento da Silva • Ualfrido Del Carlo • Valdir Pignatta e Silva

PROJETO EDITORA

A SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL

Alexandre Itiu Seito • Alfonso Antonio Gill • Fabio Domingos Pannoni • Rosaria Ono
Silvio Bento da Silva • Ualfrido Del Carlo • Valdir Pignatta e Silva

PROJETO EDITORA
São Paulo 2008

Grupo Coordenador / Editores:
Alexandre Itiu Seito
Alfonso Antonio Gill
Fabio Domingos Pannoni
Rosaria Ono
Silvio Bento da Silva
Ualfrido Del Carlo
Valdir Pignatta e Silva

Apoio Institucional:
Grupo Carrefour
Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio da Associação Brasileira de Normas Técnicas (CB-24/ABNT)
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo
EBL Engenharia e Treinamento Ltda.
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP)
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP)
Plural Indústria Gráfica

Projeto Gráfico:
Projeto Editora

Revisão Gramatical:
Dora Wild

Editoração Eletrônica:
Giselle Moreno Alves e Marcus Vinicius da Silva

Fotolitos e Impressão:
Prol Gráfica

Capa:
Alfredo Cônsolo Júnior

Ficha Catalográfica

A Segurança contra incêndio no Brasil / coordenação de Alexandre Itiu Seito,.et al.
São Paulo: Projeto Editora, 2008.
p. 496
ISBN:978-85-61295-00-4

1. Prevenção contra incêndio (Brasil) 2. Instalações contra incêndio (Brasil) I.Seito, Alexandre (coord.) et al. II.Título

CDD: 628.92

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP

Todos os direitos reservados à Projeto Editora.

Calçada das Palmas, 20, 1° andar
Centro Comercial Alphaville
Barueri - São Paulo - CEP: 06453-000
Tel.: (11) 2132-7000

AGRADECIMENTOS

Normalmente, os autores agradecem às pessoas que contribuíram para a realização de suas obras. No presente caso, em vista das características deste livro, tal incumbência coube aos editores.

A realização deste livro, talvez o primeiro nesse gênero no Brasil, foi possível graças aos esforços diretos e indiretos de muitas pessoas.

Ao enunciá-las pode-se cometer o erro de esquecer de alguém e de ser injusto. Por outro lado, o mínimo àqueles que trabalharam é ter o reconhecimento pelo seu empenho.

Ficam, pois, o nosso reconhecimento e agradecimento àqueles que fizeram com que esta publicação se realizasse:

Ao Sílvio Bento da Silva e ao Carlos Luccas por conduzirem todo o processo.

Ao Alexandre Itiu Seito, pelo trabalho de secretário.

Aos autores, pelos trabalhos de seleção e de pesquisa sobre os assuntos que eles julgaram importantes de se transmitir à sociedade, no atual estágio do nosso conhecimento de segurança contra incêndio.

Aos patrocinadores, pois sem seu suporte este livro não teria se materializado.

Aos apoiadores, que demonstraram o empenho e a preocupação que têm em modernizar e aperfeiçoar a área de segurança contra incêndio.

E, por fim, a todos aqueles que, pelo seu trabalho anônimo, mas importante, contribuíram para a realização deste livro.

Os Editores

APRESENTAÇÃO

Há cerca de dois anos, um grupo de pessoas ligadas à Universidade de São Paulo e ao Corpo de Bombeiros de São Paulo começou a discutir a importância e a necessidade de uma literatura nacional sobre segurança contra incêndio, que pudesse servir de base para estudos nessa área.

Os envolvidos com a segurança contra incêndio percebem que, em nosso país, o clima de quase estagnação está se transformando. Uma tendência à uniformização das legislações estaduais, o surgimento de cursos de pós-graduação em segurança contra incêndio, a elaboração de normas técnicas em sintonia com o que vem acontecendo no exterior, são sinais de que a área está num processo de evolução. É nesse quadro que este livro pretende trazer sua contribuição.

A distribuição dos exemplares impressos para faculdades de arquitetura e de engenharia, escolas técnicas, prefeituras, escolas do corpo de bombeiros e tantos outros lugares procurará suprir a deficiência de literatura na área. Ainda estamos numa fase em que o profissional da segurança contra incêndio é um autodidata. Esperamos que este livro contribua para essa formação, e muito mais, que o livro seja um documento de referência para cursos acadêmicos dessa área.

Resultado do esforço de vários profissionais, que graciosamente despenderam muitas horas de trabalho, este livro procurou traçar um largo panorama da segurança contra incêndio nos seus capítulos, de modo a dar uma ampla visão da área ao leitor.

Cada capítulo é de responsabilidade exclusiva dos autores, apresentando, assim, não só informações técnicas consolidadas, mas também diferentes pontos de vistas sobre temas que ainda são objeto de pesquisa e discussão.

Por ser a primeira experiência desse gênero e pela independência dada aos autores, pode-se perceber uma variação no nível de detalhamento das informações apresentadas. Equalizar a profundidade das informações e direcionar os textos para outras necessidades dos profissionais e estudiosos brasileiros serão possíveis numa segunda edição, graças às sugestões e aos comentários que se espera receber dos leitores desta publicação.

O livro pretende disseminar largamente os conhecimentos sobre a segurança contra incêndio e, para tanto, além da impressão em papel, ele também estará disponível em sítio na Internet.

Era necessário dar a partida nesse processo e, acreditamos, que o presente trabalho vem fazer exatamente isso.

Os Editores

PREFÁCIO

O homem sempre quis dominar o fogo. Durante milhares de anos, ao bater uma pedra contra outra, gerava uma faísca que, junto a gravetos, iniciava uma fogueira. Ele controlava a ignição. Entretanto não controlava o fogo, que vinha de relâmpagos e vulcões. Esses fenômenos eram associados à ira dos deuses, verdadeiro castigo do céu. O próprio fogo era venerado na antiguidade.

O domínio do fogo permitiu um grande avanço no conhecimento: cocção dos alimentos, fabricação de vasos e potes de cerâmica ou objetos de vidro, forja do aço, fogos de artifício, etc.. Por outro lado, sempre houve perdas de vidas e de propriedades devido a incêndios.

Após a Segunda Guerra Mundial o fogo começou a ser encarado como ciência; complexa, pois envolvia conhecimentos de física, química, comportamento humano, toxicologia, engenharia, etc..

Tive a oportunidade, no início da década de 70, de acompanhar o desenvolvimento dessa nova ciência que emergia no CSTB - Centre Scientifique et Techinique du Batiment, na França, sob a direção do cientista Gerard Blachere. Foi graças ao meu orientador, que me apresentou a esse cientista, que arrumei um emprego temporário de dois anos letivos.

Sob a direção de Blachere, um grande número de cientistas, de todas as áreas do conhecimento relativas à construção dos edifícios, montou um sistema de avaliação por desempenho, com base em ensaios de materiais, componentes e sistemas construtivos Essa pesquisa redundou, na década de oitenta, na norma ISO - 6241 Performance of Building Construction. No laboratório de ensaios de fogo do Centro, conheci o ex-comandante do Corpo de Bombeiros da França, Coronel Cabret, pesquisador e chefe do laboratório, com quem pude aprender muito sobre ensaios e pesquisa na área de SCI.

Nessa época, tive o prazer de conhecer o pesquisador e chefe do Fire Station do BRS Bill Malhotra e sua esposa Stella. Com o tempo, tornamo-nos amigos e tive o prazer de passar uma semana em sua casa.

Malhotra veio a ser um grande colaborador na transferência de conhecimento na área de SCI - Segurança Contra Incêndio - no Brasil. Primeiramente participou do SENABOM do Rio de Janeiro, quando, com uma didática maravilhosa, conseguiu transmitir os conceitos básicos de SCI, enfocando a prevenção e proteção à vida e ao patrimônio. Numa segunda etapa, foi convidado pelo CBMESP - Corpo de Bombeiros Militares do Estado de São Paulo, com suporte financeiro do British Council, para redigir um texto sobre SCI nas edificações, que resultou no "GENERAL BUILDING REGULATION FOR FIRE SAFETY" no qual ele propunha nove capítulos:

1. Prevenção do início do incêndio.
2. Prevenção do rápido crescimento do incêndio.
3. Disponibilidade de sistema de detecção e alarme de incêndio.
4. Adequação dos meios de escape dos ocupantes.
5. Projeto da estrutura para resistir aos efeitos do incêndio.
6. Divisão dos espaços internos para prevenir a propagação irrestrita do incêndio.
7. Separação das edificações para prevenir a propagação do incêndio.
8. Instalações para controle de incêndio na edificação .
9. Sistema de brigadas de incêndio para salvamento e controle do incêndio.

Estava plantada a semente que resultou na regulamentação das Instruções Técnicas do CBMESP no comando do coronel Wagner Ferrari.

Paralelamente, por determinação do então superintendente do IPT Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, dr. Alberto Pereira de Castro, implantamos o Laboratório de SCI, que ainda hoje é uma referência em nível nacional. Na implantação dos laboratórios e na formação de nossos técnicos, tivemos um apoio

significativo do NBS National Bureaux of Standards, hoje NIST National Institute for Standards and Tecnology. Dan Gross, Benjamin e tantos outros transferiram uma massa imensa de conhecimentos.

Em simpósios internacionais, conheci o engenheiro E. A. Sholl, da Proteção Contra Incêndio, que vive no Rio de Janeiro e que durante anos batalhou para o desenvolvimento da área de SCI no Brasil.

No Rio Grande do Sul, posso citar o engenheiro Cláudio Alberto Hanssen, outro divulgador do conhecimento da SCI e, em São Paulo, o cel. bombeiro Orlando Secco.

O Laboratório do IPT ainda recebeu uma ajuda significativa do professor Makoto Tsujimoto, da Universidade de Nagoya, Japão, patrocinada pela JICA - Japan International Cooperation Agency, que resultou em instalações de ensaios de fumaça, entre outros, e na ida ao Japão da arquiteta Rosária Ono, hoje professora de prática profissional na Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP.

Em Brasília, tivemos a ajuda da JICA para a implantação de laboratório de investigação cientifica e incêndio.

Uma série de pesquisas e orientações de teses na área de SCI está em andamento nas universidades brasileiras.

Este livro é um esforço conjunto das pessoas que acreditam na necessidade de um texto básico na área de SCI, que enfoque boa parte dos ensinamentos mínimos para uma compreensão dessa área do conhecimento.

Mais de uma centena de pessoas foram envolvidas na organização, redação de textos, auxílio financeiro, apoio institucional, etc.. Sabemos das dificuldades para conseguir redigir os textos dentro do dia-a-dia profissional e nos prazos curtos que tivemos. Infelizmente, alguns não conseguiram terminar em tempo suas tarefas, mas mesmo assim agradecemos o esforço.

Escrevi este texto com o coração e certamente omiti certos nomes e fatos que foram relevantes para a SCI no Brasil. Portanto, peço desculpas, mas posso dizer finalmente: “missão cumprida”.

Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo

SUMÁRIO

I. A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO MUNDO **1**
1. Introdução 1
2. Estatísticas de Incêndio 1
2.1. Estados Unidos da América 2
2.2. Reino Unido 2
3. Instituições de Pesquisas e Laboratórios 2
3.1. CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - França 2
3.2. BRE - Building Research Establishment | FRS - Fire Research Station - Reino Unido 3
3.3. NIST - National Institute od Standarts and Technology | BFRL - Building Fire Research Laboratory 4
3.4. BRI - Building REsearch Institute - Department of Fire Engineering 5
4. Associações Internacionais 5
4.1. IAFSS - The International Association for Fire Safety Science 5
4.2. NFPA - National Fire Protection Association 5
4.3. SFPA - Society of Fire Protection Engineers 6
4.4. FPA - Fire Protection Association 6
5. Educação 6
6. Conclusões 6
Referências Bibliográficas 7

II. A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL **9**
1. Introdução 9
2. Formação em SCI no Brasil 10
3. Os Municípios Brasileiros 10
4. A Produção das Edificações em Nosso País em Diversificação 11
5. Dores do Crescimento 11
6. Cultura da Segurança 11
7. Engenharia de SCI - Segurança Contra Incêndio 12
8. SCI em Edificações 12
9. Conceitos Básicos 12
10. Arquitetura e Urbanismo na SCI 12
11. Edificações Especiais 12
12. Edificações “Subnormais” 12
13. Medidas de PCI - Proteção Contra Incêndio 13
14. Rumos 13
15. Gerente Nacional para SCI 13
16. Pesquisa de Incêndio 14
17. Coleta de Dados de Incêndio 14
18. Legislação 14
19. Laboratórios em SCI 14
20. Normalização e Certificação 15
21. Qualificação Profissional 15
22. Análise de Risco de Incêndio 15
23. Educação Pública 15
24. Novas Tecnologias na SCI 16
25. Gestão de SCI em Edificações 16
26. Manutenção e SCI 16
27. Planos de Emergência 17
28. Considerações Finais 17
Referências Bibliográficas 17

III. APRENDENDO COM OS GRANDES INCÊNDIOS **19**
1. Esclarecimentos Iniciais 19
2. Os Incêndios e o Aprendizado nos Estados Unidos da América 20

2.1. Teatro Iroquois, em Chicago 20
2.2. Casa de Ópera Rhoads 20
2.3. Escola Elementar Collinwood em Lake View 20
2.4. Triangle Shirtwaist Factory 21
2.5. A Mudança 21
3. Os Incêndios e o Aprendizado no Brasil 21
3.1. Unificando a Linguagem 21
3.2. Situação no Brasil antes dos Grandes Incêndios 22
3.3. Gran Circo Norte-Americano, Niterói, Rio de Janeiro 23
3.4. Incêndio na Indústria Volkswagen do Brasil 23
3.5. Incêndio no Edifício Andraus 23
3.6. Incêndio no Edifício Joelma 24
3.7. As Movimentações Imediatas 25
3.8. Analisando as Manifestações e as Legislações e Reformulações Geradas 29
3.9. O Aprendizado Sedimentado e as Lacunas ainda Presentes 29
4. Os Incêndios ainda Podem nos Ensinar 30
4.1. Ycua Bolaños 31
4.2. Cromagnon 31
4.3. Os Ensinamentos que Podemos Adquirir 31
Referências Bibliográficas 32

IV. FUNDAMENTOS DE FOGO E INCÊNDIO 35
1. Tecnologia do Fogo 35
1.1. Geral 35
1.2. Definição de Fogo 35
1.3. Representação Gráfica do Fogo 35
1.4. Combustão 36
1.5. Mecanismo de Ignição dos Materiais Combustíveis 37
1.6. Mistura Inflamável 38
1.7. Ponto de Fulgor e Ponto de Combustão dos Líquidos 39
1.8. Gases Combustíveis 39
1.9. Dinâmica do Fogo 39
2. Tecnologia do Incêndio 43
2.1. Geral 43
2.2. Definição 43
2.3. Produtos de Combustão 43
2.4. Fatores que Influenciam o Incêndio 43
2.5. Equações Básicas das Fases do Incêndio 45
2.6. Efeito da Ventilação 48
3. Fumaça do Incêndio 48
3.1. Geral 48
3.2. Efeitos nas Pessoas 48
3.3. Produção da Fumaça 48
3.4. Densidade Ótica 49
3.5. Toxicidade da Fumaça 51
Referências Bibliográficas 54

V. O COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS FRENTE AO FOGO - REAÇÃO AO FOGO 55
1. Introdução 55
2. A Reação ao Fogo e o Sistema Global da Segurança Contra Incêndio 56
2.1. O Edifício Seguro e seus Requesitos Funcionais 56
2.2. A Segurança Contra Incêndio nas Fases do Processo Produtivo e de Uso do Edifício 56
2.3. O Sistema Global da Segurança Contra Incêndio 56
2.4. A Reação ao Fogo Dentro do Contexto do Sistema Global 57
3. As Fases de um Incêndio Associadas às Categorias de Risco 59
4. A Evolução do Incêndio e sua Relação com os Materiais 61
4.1. A Reação ao Fogo e as Fases do Incêndio 62
5. O Conceito de Reação ao Fogo dos Materiais 62
5.1. Variáveis que Determinam a Reação ao Fogo dos Materiais 62
6. A Regulamentação Contra Incêndio e o Poder Público 66

7. A Importância da Classificação dos Materiais em Relação à Reação ao Fogo 68
7.1. O Risco de um Incêndio 68
7.2. Os Ensaios de Reação ao Fogo 69
Referências Bibliográficas 74

VI. ENSAIOS LABORATORIAIS 77
1. Introdução 77
2. Laboratórios 77
2.1. Geral 77
2.2. Definição de Laboratório 78
2.3. Classes de Laboratório 78
3. Rede Brasileira de Laboratórios (RBL) 80
3.1. Objetivo da RBL 80
3.2. Medidas Laboratoriais 81
3.3. Confiabilidade Metrológica 81
3.4. Sistema Internacional de Unidades - SI 82
4. Norma Inglesa BS 5497/87 (ISO 5725-1986) 83
4.1. Geral 83
4.2. Materiais Idênticos 84
4.3. Fatores que Influenciam nos Resultados Laboratoriais 84
4.4. Repetibilidade e Reprodutividade 85
4.5. Campo de Aplicação 85
4.6. Normalização do Ensaio 86
4.7. Modelo Estatístico 86
5. Laboratório de Reação e Resistência do Fogo no Brasil 88
5.1. Capacitação Laboratorial 88
5.2. Figuras de Alguns Equipamentos de Reação ao Fogo 88
5.3. Figuras de Fornos de Ensaios de Resistência ao Fogo 89
6. Laboratório de Ensaios de Equipamentos de Combate e de Detecção de Incêndio 90
7. Conclusão 90
Referências Bibliográficas 91

VII. COMPORTAMENTO HUMANO EM INCÊNDIOS 93
1. Introdução 93
2. Aprendendo com a História 94
2.1. Comportamento Humano em Incêndios 94
2.2. Pânico 95
2.3. Comportamento de Escolha de Saídas de Emergência 96
3. Abandono de Edificações em Caso de Sinistros 96
3.1. Brigada de Incêndio 97
3.2. Características dos Ocupantes 97
4. Conclusões 98
5. Anexo 99
Referências Bibliográficas 100

VIII. SAÍDAS DE EMERGÊNCIA EM EDIFICAÇÕES 101
1. Introdução 101
2. Saídas de Emergência em Edificações 101
2.1. Objetivo 101
2.2. Realidade 101
2.3. Evacuação sob o Aspecto da Prevenção 101
2.4. Evacuação sob o Aspecto Humano 102
3. Planejamento de Vias de Evacuação 102
3.1. Fator Humano 102
3.2. Densidade de Ocupação 102
3.3. Velocidade 103
3.4. Fatores que Alteram o Movimento 103
3.5. Definição de Meios de Escape 103
3.6. Fatores que Afetam os Meios de Escape 104
4. O Fator Humano - Velocidade das Pessoas 106
5. Iluminação nas Rotas de Evacuação 107

5.1. Definição 107
5.2. Outro Aspecto Importante e que Deve ser Levado em Conta 107
6. Sinalização de Emergência e Cores de Segurança 107
6.1. Diversos 107
6.2. Avaliação de Símbolos de Segurança 107
6.3. Vantagens do Uso de Símbolos 108
6.4. Desvantagens do Uso de Símbolos 108
6.5. Mecanismos da Visão 108
6.6. Visibilidades Através da Fumaça 108
6.7. Densidade da Fumaça e Visibilidade 108
6.8. Velocidade das Pessoas em Fumaça Irritante 108
6.9. Ilusões 109
6.10. Sugestões para as Cores 109
7. Tipos de Escada de Segurança 109
8. Pressurização de Escadas 113
8.1. Introdução 113
8.2. Objetivo 113
8.3. Definições 114
8.4. O Sistema 116
8.5. Estágios 116
8.6. Componentes de um Sistema de Pressurização 116
8.7. Níveis de Pressurização 116
8.8. Vazão de Ar Necessária 116
8.9. Áreas de Fuga em Portas 117
8.10. Vazão de Ar em Portas 117
8.11. Distribuição de Ar 117
8.12. Critérios de Segurança 117
8.13. Perda de Ar em Dutos em em Vazamentos Não-Identificados 117
8.14. Tempo Máximo de Pressurização 117
8.15. Manutenção do Equipamento 117
8.16. Escada e Detectores de Fumaça 117
8.17. Modelos de Sistemas de Pressurização 118
9. Conclusão 118
Referências Bibliográficas 118

IX. ARQUITETURA E URBANISMO 123
1. Introdução 123
2. Breve Histórico 124
3. Medidas Urbanísticas 125
3.1. Malha Urbana 126
3.2. Lote Urbano 126
4. Medidas Arquitetônicas na Edificação 127
4.1. Características do Pavimento de Descarga e Subsolos 127
4.2. Circulação Interna 127
4.3. Compartimentação 129
4.4. Especificação de Materiais de Acabamento e Revestimento 130
4.5. Medidas de Proteção Ativa 130
5. Edifícios Altos 130
5.1 As Principais Características dos Edifícios Altos 130
5.2. Dificuldades de Detecção/Alarme e Combate ao Fogo 131
5.3. Dificuldade de Abandono 132
5.4. Novos Conceitos e Desafios 133
6. Considerações Finais 134
Referências Bibliográficas 134

X. SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO 135
1. Introdução 135
2. Comportamento dos Materiais Estruturais em Incêndio 135
2.1. Concreto 137
2.2. Aço 139
2.3. Madeira 141

3. Ação Térmica ... 143
3.1. Curvas Temperatura-Tempo ... 143
3.2. Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) ... 146
4. Segurança Estrutural ... 149
4.1. Determinação dos Esforços Solicitantes ... 149
4.2. Determinação dos Esforços Resistentes ... 150
5. Métodos para Dimensionamento ... 151
5.1. Concreto ... 151
5.2. Aço ... 152
5.3. Madeira ... 159
Referências Bibliográficas ... 165

XI. COMPARTIMENTAÇÃO E AFASTAMENTO ENTRE EDIFICAÇÕES ... 169
1. Introdução ... 169
2. Definições ... 170
2.1. Compartimentação ... 170
2.2. Compartimentação Horizontal ... 170
2.3. Compartimentação Vertical ... 170
2.4. Afastamentamento entre Edificações (Isolamento de Risco) ... 170
3. Compartimentação ... 170
3.1. Compartimentação Horizontal ... 172
3.2. Compartimentação Vertical ... 173
3.3. Normas e Exigências Internacionais ... 173
3.4. Regulamentos Nacionais ... 174
3.5. Área Máxima de Compartimentação ... 174
3.6. Detalhes Construtivos ... 175
4. Afastamento entre Edificações (Isolamento de Risco) ... 177
4.1. Isolamento de Risco por Afastamento entre Edificações ... 177
4.2. Isolamento de Risco por Parede Corta-Fogo ... 178
4.3. Isolamento de Risco em Instalações ... 178
4.4. Normas e Regulamentações ... 178
5. Considerações Finais ... 179
Referências Bibliográficas ... 179

XII. AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL ... 181
1. Introdução ... 181
2. Legislação Profissional - Sistema CONFEA/CREA ... 181
2.1. Legislação Específica da Engenharia ... 181
2.2. Qualificação, Habilitação e Atribuição ... 182
3. Visão Geral sobre a ABNT NBR 5410 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão ... 183
4. Influências Externas ... 183
4.1. Finalidade ... 183
4.2. Aplicação ... 183
5. Proteção Contra Incendios: Regra Geral, Locais BD, BE, CA2 e CB2 ... 184
5.1. Locais BD ... 184
5.2. Locais BE2 ... 185
5.3. Locais CA2 ... 185
5.4. Locais CB2 ... 185
6. Proteção Contra Sobrecargas e Curtos-Circuitos ... 185
7. Linhas Elétricas ... 186
7.1. Dutos de Exaustão de Fumaça e de Ventilação ... 186
7.2. Espaços de Construção e Galerias ... 186
7.3. Poços Verticais (Shafts) ... 186
7.4. Eletrodutos e Busway ... 187
7.5. Obturações ... 187
7.6. Especificação de Condutores ... 188
8. Quadros de Distribuição ... 188
8.1. Características Técnicas ... 188
8.2. Seleção e Instalação ... 189
8.3. Proteção Contra Choques Elétricos ... 189
9. Documentação de uma Instalação Elétrica ... 190

9.1. Partes Constituintes de um Projeto ... 190
9.2. Documentação “as built” ... 191
9.3. Fases de um Empreendimento ... 191
10. Verificação Final ... 191
10.1. Finalidade ... 191
10.2. Inspeção Visual ... 191
10.3. Ensaios ... 192
11. Alimentação Elétrica para os Sistemas de Segurança ... 192
11.1. Considerações Sobre a Concepção do Projeto de Sistemas Elétricos ... 192
11.2. Tipos e Formas de Entrada de Energia de Concessionárias ... 194
12. Fontes Suplementares de Alimentação de Energia nas Edificações ... 197
12.1. Alimentação de Contingência da Concessionária ... 197
12.2. Fonte de Energia para Serviços de Segurança ... 197
Referências Bibliográficas ... 199

XIII. DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO ... 201
1. Introdução e Conceitos Básicos ... 201
2. Definições Básicas ... 202
2.1. Sistema de Detecção e Alarme de Incêndio (SDAI) ... 202
2.2. Central de Detecção e Alarme de Incêndio ... 202
2.3. Central Supervisora ... 202
2.4. Subcentral ... 202
2.5. Painel Repetidor ... 203
2.6. Detector Automático Pontual ... 203
2.7. Detector Automático de Temperatura Pontual ... 203
2.8. Detector Automático de Fumaça Pontual ... 203
2.9. Detector Linear ... 203
2.10. Detector Automático de Chama ... 203
2.11. Acionador Manual ... 204
2.12. Indicador ... 204
2.13. Avisador ... 204
2.14. Indicador Sonoro ... 204
2.15. Indicador Visual ... 204
2.16. Avisador Sonoro e Visual de Alerta ... 204
2.17. Circuito de Detecção ... 204
2.18. Circuito de Detecção Classe A ... 204
2.19. Circuito de Detecção Classe B ... 204
2.20. Circuito de Sinalização e de Alarme ... 204
2.21. Circuito Auxiliar ... 205
2.22. Proteção Necessária Contra Ação do Fogo e Defeitos ... 205
2.23. Alarme Geral ... 205
3. Seleção de um Sistema ... 205
4. Tipos de Sistemas ... 206
4.1. Sistema Convencional ... 206
4.2. Sistema Endereçável ... 206
4.3. Sistema Microprocessado ... 207
5. Tipos de Detectores e Acionadores Manuais ... 208
5.1. Detectores Pontuais ... 208
5.2. Detectores Lineares ... 209
5.3. Detectores de Chama ... 209
5.4. Detectores por Aspiração ... 209
5.5. Acionadores Manuais ... 209
6. Noções Normativas de Dimensionamento ... 210
6.1. Circuito ... 210
6.2. Central ... 210
6.3. Detectores Automáticos de Incêndio Pontuais ... 211
6.4. Detectores Lineares ... 212
6.5. Detectores de Chama ... 212
6.6. Detectores Especiais ... 212
6.7. Acionadores Manuais ... 212
6.8. Avisadores ... 213

Referências Bibliográficas 213

XIV. ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA 215
1. Introdução 215
2. Definições 215
3. Tipos de Sistemas 217
3.1. Blocos Autônomos 217
3.2. Sistema Centralizado com Baterias 217
3.3. Sistema Centralizado com Grupo Motogerador 218
4. Autonomia 218
5. Função 218
6. Instalações Especiais 219
7. Projeto e Instalação do Sistema 219
7.1. Projeto 219
7.2. Instalação 219
8. Manutenção 219
9. Medidas e Aferições 220
Referências Bibliográficas 221

XV. SISTEMA DE PROTEÇÃO POR EXTINTORES PORTÁTEIS DE INCÊNDIO 223
1. Introdução 223
2. Fatores que Determinam a Eficiência dos Extintores 223
2.1. Agente Extintor 224
2.2. Alcance 224
2.3. Duração de Descarga ou Tempo Efetivo de Descarga 224
2.4. Forma de Descarga 224
2.5. Operacionalidade 224
3. Treinamento 224
4. Classificação do Fogo e Símbolos 225
5. Tipologia 225
5.1. Tipo quanto à Carga de Agente Extintor 225
5.2. Tipo quanto ao Sistema de Ejeção do Agente Extintor 225
5.3. Tipo quanto à Capacidade Extintora 226
5.4. Tipo quanto à Carga em Volume e em Massa 226
6. Definição de Princípio de Incêndio 226
6.1. Características do Estágio Incipiente 226
6.2. Princípio de Incêndio com Rápida Evolução do Fogo 226
7. Dados para o Projeto do Sistema de Extintores Portáteis 227
7.1. Seleção 227
7.2. Classe de Risco das Edificações 227
7.3. Informações Adicionais para a Seleção do Extintor 228
8. Localização 228
9. Inspeção, Manutenção e Recarga 229
9.1. Registro Histórico 229
9.2. Documentos Técnicos e Legislativos Pertinentes 229
9.3. Definições 229
9.4. Recarga 230
9.5. Componentes Originais 230
9.6. Ensaio Hidrostático 230
10. Recomendações de Segurança 230
11. Recomendações Importantes 231
Referências Bibliográficas 231

XVI. SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIO COM ÁGUA 233
1. Introdução 233
2. Sistema de Hidrantes e de Mangotinhos 234
2.1. Classificação dos Sistemas 234
2.2. Elementos e Componentes do Sistema 236
2.3. Critérios de Projeto 238
2.4. Critérios de Dimensionamento 238
3. Sistema de Chuveiros Automáticos 239

3.1. Histórico ... 240
3.2. Classificação dos Sistemas ... 240
3.3. Classificação dos Riscos das Ocupações ... 242
3.4. Elementos e Componentes do Sistema ... 243
3.5. Critérios de Projeto ... 248
3.6. Dimensionamento do Sistema de Chuveiros Automáticos ... 250
4. Sistema de Água Supernebulizada ... 254
4.1. Mecanismos de Operação ... 254
4.2. Aplicações ... 254
Referências Bibliográficas ... 255

XVII. SISTEMA DE CONTROLE DE FUMAÇA ... 257
1. A História do Controle de Fumaça ... 257
2. Razões para o Controle de Fumaça ... 257
3. Os Benefícios do Controle de Fumaça ... 258
4. Princípios Básicos de um Sistema de Controle de Fumaça ... 259
5. Tamanho de um Incêndio ... 261
6. Ventilação Natural de Extração ... 262
6.1. Como a Ventilação Natural de Extração Funciona ... 262
7. Ventilação Motorizada ... 263
7.1. Funcionamento da Ventilação Motorizada de Extração ... 263
8. Padrões de Equipamentos de Ventilação ... 264
9. Átrios ... 264
10. Sistema de Controle de Fumaça em Shopping Centers ... 265
11. Interação de Sprinklers e Ventilação ... 274
Referências Bibliográficas ... 275

XVIII. SISTEMA DE COMBATE A INCÊNDIOS POR AGENTES GASOSOS ... 277
1. Introdução ... 277
2. Características dos Agentes Gasosos ... 278
2.1. Agentes Limpos ... 278
2.2. Dióxido de Carbono (CO_2) ... 281
3. Aplicações Típicas dos Agentes Limpos ... 282
3.1. Geral ... 282
3.2. Requesitos Importantes ... 282
3.3. Características do Projeto do Sistema de Combate por Agentes Limpos ... 282
4. Sistema Fixo de Gás Carbônico (CO_2) ... 283
4.1. Geral ... 283
4.2. Fluxograma para Projetar o Sistema de CO_2 ... 284
Referências Bibliográficas ... 285

XIX. BRIGADAS DE INCÊNDIO ... 287
1. Introdução ... 287
2. Histórico ... 287
3. Tipos de Brigadas ... 288
4. Definições de Risco ... 288
5. Método de Avaliação de Riscos em Edificações - Método de Gretener ... 288
5.1. Sugestão de Estudos para a Adequação do Número de Brigadistas de Acordo com os Equipamentos de Prevenção e Combate a Incêndios Instalados ... 289
6. Parâmetro Fiscalizador ... 289
7. Brigadas de Abandono ... 290
7.1. Componentes de uma Brigada de Abandono ... 290
7.2. Procedimentos Básicos de Abandono ... 291
8. Planos de Intervenção das Brigadas ... 292
9. Conteúdo Programático dos Currículos das Brigadas ... 292
10. Os Primeiros Socorros para Brigadas de Incêndio ... 292
10.1. Introdução ... 292
10.2. Os Primeiros Socorros Inseridos nas Brigadas de Incêndios ... 293
Referências Bibliográficas ... 296

XX. PAPEL DO CORPO DE BOMBEIROS NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS **297**
1. Histórico das Legislações de Prevenção de Incêndio do Corpo de Bombeiros no Brasil **297**
Referências Bibliográficas **308**

XXI. PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANO DE EMERGÊNCIA **311**
1. Introdução **311**
2. Prevenção de Acidentes Industriais Ampliados **312**
2.1. Níveis de Prevenção de Acidentes **312**
2.2. Acidentes Industriais Ampliados **313**
3. Legislação e Normas **315**
3.1. Normas OSHA **315**
3.2. NFPA 1600 ..... **316**
3.3. NBR 14.276 ..... **316**
3.4. NBR 15.219 ..... **316**
3.5. IT 16 ..... **316**
4. Metodologia para Elaborar Plano de Emergência **317**
4.1. Passo 1 - Estabelecer uma Equipe **317**
4.2. Passo 2 - Analisar Riscos e Capacidade de Combate ao Incêndio **318**
4.3. Passo 3 - Desenvolver o Plano **322**
4.4. Passo 4 - Implementar o Plano **324**
4.5. Passo 5 - Gerenciar a Emergência **327**
5. Conclusão **330**
Referências Bibliográficas **330**

XXII. INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO **333**
1. Introdução **333**
2. Atuação do Investigador Durante o Incêndio **333**
2.1. Durante o Incêndio **334**
2.2. Imediatamente Após a Extinção do Incêndio **334**
2.3. Durante o Rescaldo **334**
2.4. Após o Rescaldo **334**
3. Método Científico da Investigação de Incêndio **334**
3.1. Preservar a Cena **334**
3.2. Definir a Metodologia da Investigação **335**
3.3. Coletar o Maior Número de Dados Possível **336**
3.4. Analisar os Dados **336**
3.5. Levantar Todas as Hipóteses Possíveis Relacionadas à Origem do Fogo e ao seu Desenvolvimento **337**
3.6. Testar as Hipóteses Levantadas **337**
3.7. Selecionar a Hipótese Provável **337**
4. Princípios da Técnica de Investigação **337**
4.1. Características da Queima **337**
4.2. Compreensão da Dinâmica do Incêndio **339**
5. Principais Informações a Serem Obtidas para Confecção do Laudo Pericial **342**
5.1. Dados da Edificação **342**
5.2. Dados do Incêndio **342**
6. Simulação Computacional de Incêndio **342**
Referências Bibliográficas **345**

XXIII. COLETA DE DADOS DE INCÊNDIO **347**
1. Introdução **347**
2. Importância da Coleta de Dados de Incêndio **348**
3. Quesitos Importantes no Registro da Ocorrência de Incêndio **350**
4. Norma Brasileria para a Coleta de Dados de Incêndio **352**
4.1. Introdução **352**
4.2. Breve Histórico **353**
4.3. A Norma de Registro de Trabalho de Bombeiros **353**
5. Estatísticas de Incêndio no Brasil **355**
6. Centralização e Difusão dos Dados de Incêndio no Brasil **360**
7. Considerações Finais **362**
Referências Bibliográficas **362**

XXIV. MANUTENÇÃO APLICADA EM SISTEMA E EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIOS **365**
1. A Confiabilidade dos Sistemas e Equipamentos de Segurança Contra Incêndio **365**
2. Conceitos Básicos **366**
3. Abordagem da Manutenção nas Normas Brasileiras de SCI **367**
4. Programa de Manutenção Preventiva **370**
5. Tratamentos das Falhas de Sistemas e Equipamentos de SCI **374**
6. Melhoria Contínua na Manutenção **376**
7. Conclusões e Recomendações **376**
Referências Bibliográficas **377**

XXV. GERENCIAMENTO DOS RISCOS DE INCÊNDIO **379**
1. Introdução **379**
2. Gerenciamento dos Riscos de Incêndios **380**
3. Incêndio de Jato **385**
3.1. Inclinação do Jet Fire Devido Ação do Vento **385**
3.2. Energia Térmica Liberada da Chama **387**
4. Determinação das Dimensões da Chama **389**
4.1. Modelo Proposto por Carter **390**
4.2. Modelo Proposto pela Technica (Whazan) **391**
5. Incêndio de Poça **391**
6. Explosão da Nuvem **394**
7. Vulnerabilidade do Receptor: Pessoas **396**
8. Vulnerabilidade do Receptor: Estruturas Metálicas **396**
8.1. Determinação da Temperatura do Elemento Estrutural **397**
8.2. Efeitos nas Características e Propriedades Mecânicas do Aço **397**
8.3. Verificação da Capacidade Resistente **398**
8.4. Determinação do Tempo de Falha do Elemento Estrutural **402**
9. Estudo do Caso **403**
9.1. Primeiro Passo - Estruturação para Análise **403**
9.2. Segundo Passo - Caracterização do Risco **405**
9.3. Terceiro Passo - Avaliação de Proteção Alternativa **407**
Referências Bibliográficas **407**

XXVI. ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO **411**
1. Introdução **411**
2. O Projeto de Engenharia de Segurança Contra Incêndio **413**
3. Revisão Qualitativa do Projeto (RQP) **414**
3.1. Revisão do Projeto Arquitetônico e Características dos Ocupantes **414**
3.2. Objetivos da Segurança Contra Incêndio **414**
3.3. Danos Causados pelo Incêndio **416**
3.4. Projetos “Tentativos” de Segurança Contra Incêndio **416**
3.5. Critério de Aceitação e Metodologia de Análise **417**
3.6. Análise dos Possíveis Cenários de Incêndio **418**
4. Análise Quantitativa (AQ) **420**
4.1. Subsistema 1 - Iniciação e Desenvolvimento do Incêndio Dentro do Compartimento de Origem **420**
4.2. Subsistema 2 - Iniciação e Desenvolvimento do Incêndio Dentro do Compartimento de Origem **420**
4.3. Subsistema 3 - Iniciação e Desenvolvimento do Incêndio Dentro do Compartimento de Origem **421**
4.4. Subsistema 4 - Detecção do Incêndio e Ativação dos Sistemas de Proteção **421**
4.5. Subsistema 5 - Intervenção dos Serviços de Combate ao Fogo **422**
4.6. Subsistema 6 - Desocupação **422**
4.7. Subsistema 7- Análise de Risco **422**
5. Critério Final de Aceitação **422**
6. Exemplo de Aplicação: Telford College (Edimburgo) **423**
6.1. A Estratégia de Incêndio Adotada no Projeto **424**
6.2. O Modelamento de Incêndio **424**
6.3. Medidas de Segurança Contra Incêndio **426**
6.4. Sistema de Alarme de Voz **426**
6.5. Elevadores para Desocupação e Áreas de Refúgio **426**

6.6. Benefícios da Aplicação da Engenharia de Segurança Contra Incêndio ... 426
Referências Bibliográficas ... 427
Agradecimentos ... 427

XXVII. FORMAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO ... 429

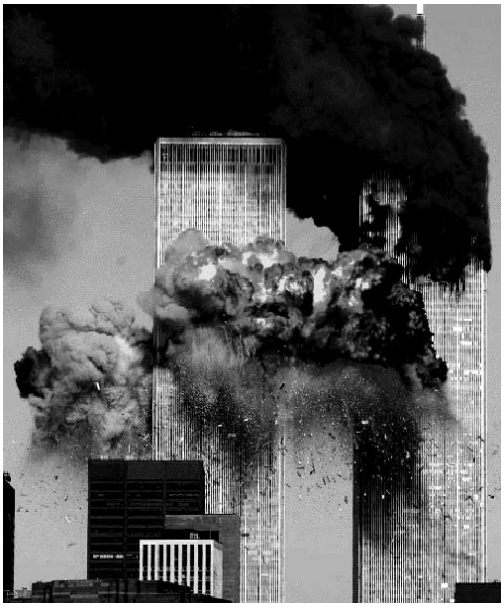
XXVIII. NORMALIZAÇÃO ... 431
1. Introdução ... 431
2. ISO - International Standard Organization ... 431
3. NFPA - National Fire Protection Association ... 439
Referências Bibliográficas ... 446

XXIX. LIGA NACIONAL DOS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES DO BRASIL ... 447

XXX. PEQUENA HISTÓRIA DO SEGURO ... 449
1. Os Primórdios ... 449
2. Os Marcos da História do Seguro no Brasil ... 450
3. O Seguro-Incêndio no Brasil ... 451
4. A Criação do IRB - Instituto de Resseguros do Brasil ... 452
5. A Tarifa de Seguro-Incêndio do Brasil ... 453
6. Seguro Compreensivo de Propriedades ... 453
7. A Abertura do Mercado Brasileiro de Resseguros ... 456
8. Considerações Finais ... 457

I
A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO MUNDO

Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo
GSI-NUTAU-FAUUSP



1. Introdução

Internacionalmente, a SCI é encarada como uma ciência, portanto uma área de pesquisa, desenvolvimento e ensino. Vemos uma enorme atividade nessa área na Europa, nos EUA, no Japão e, em menor intensidade, mas em franca evolução, em outros países.

Vamos nos concentrar em alguns tópicos da dinâmica atual da SCI no mundo, tais como: laboratórios de pesquisa e certificação, normalização, instituições, legislação e ensino.

As atividades nessa área do conhecimento envolvem milhões de pessoas, fazendo com que essa ciência cresça rapidamente.

É uma tendência internacional exigir que todos os materiais, componentes, sistemas construtivos, equipamentos e utensílios usados nas edificações sejam analisados e testados do ponto de vista da SCI. Para alcançar um desempenho cada vez maior, a sociedade desenvolve novas soluções em todas essas áreas.

A legislação e os códigos de SCI vêm sendo substituídos para as edificações mais complexas pela engenharia de SCI, outra área também em expansão internacionalmente.

As tecnologias que vêm se desenvolvendo, como eletrônica, robótica, informática, automação, etc. estão mais presentes em todas as áreas de conhecimento da SCI.

A demanda por engenheiros, pesquisadores e técnicos em SCI é crescente e no momento existe falta de mão-de-obra no mercado internacional.

As perdas com incêndios nos países que adotam uma postura severa na questão da prevenção têm diminuído significativamente em relação ao PIB.

O ensino em todos os níveis da educação e em todos os períodos escolares recebe pelo menos um dia em que a SCI é enfocada.

No ensino superior são mantidos mais de cinqüenta cursos de graduação e pós-graduação em engenharia de proteção contra incêndios.

Atos criminosos de incendiários e de terrorismo vêm dando uma nova dimensão à proteção contra incêndios em todo o mundo.

2. Estatísticas de incêndio

A manutenção de sistemas de coleta tratamento e análise de dados sobre incêndios permitem organizar programas de proteção, prevenção contra incêndios e educação em nível local e nacional.

Podemos encontrar na Internet, organizados por diversos países, dados sobre ocorrências de incêndios.

Vamos a seguir dar dois resumos desses dados para os EUA e o Reino Unido.

2.1. ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA

Nos EUA em 2005 tivemos:

• 3.677 perdas de vidas humanas de civis em incêndios.
• 17. 925 pessoas feridas em incêndios.
• 115 bombeiros mortos em serviço.
• Incêndio mata mais americanos do que todos os desastres naturais juntos.
• 83% dos civis morreram em incêndios residenciais.
• 1.6 milhões de ocorrências de incêndios foram registradas.
• Valor estimado das perdas devidas a incêndios US$ 10,7 bilhões.
• Uma estimativa de 31 500 incêndios provocados resultaram em 315 mortes.
• As perdas estimadas pelos incêndios provocados foi de US$ 664 milhões.

Mais informações podem ser encontradas no site do governo.

2.2. REINO UNIDO

O Reino Unido mantém um sistema de estatística de incêndio pormenorizado que pode ser encontrado no site da bibliografia.

3. Instituições de pesquisa e laboratórios

Os laboratórios possuem instalações para testes de resistência e reação ao fogo de materiais, componentes e sistemas construtivos o que permite o desenvolvimento e certificação de novos produtos, dando apoio ao desenvolvimento, gerando emprego e competitividade para os países.

Vamos apresentar alguns dos mais renomados laboratórios com suas metas e produção atuais.

A PUC Pontifícia Universidade Católica do Chile possui o laboratórios de resistência ao fogo mais completo da América do Sul.

3.1. CSTB - CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT - FRANÇA

Este centro tem seu desenvolvimento ligado à reconstrução da França, após segunda guerra mundial. As construções feitas para a reconstrução com técnicas tradicionais mostraram-se inadequadas à nova realidade tecnológica e às exigências da sociedade.

Assim, o CSTB na década de sessenta, dirigido por Gérard Blachère, propõe uma estrutura laboratorial de desempenho com quatorze itens onde a segurança contra incêndio aparece como segundo item após estabilidade das construções.

Esse modelo de desempenho aplicado na França torna-se recomendação ISO 6241 Desempenho das construções.

Atualmente exerce a liderança da CE – Comunidade Européia na pesquisa de desempenho e, portanto, de SCI nas construções.

É por este motivo que escolhemos o CSTB para ser o primeiro da lista de laboratórios.

Têm por finalidade, a melhora do bem estar e da segurança dentro das construções e no seu entorno, o CSTB exerce quatro áreas complementares: pesquisa, engenharia inovadora, avaliação da qualidade e difusão do conhecimento. Associada a estes domínios das especialidades permite um enfoque global das edificações, ampliada para seu meio urbano, aos serviços e as novas tecnologias de informação e comunicação.

3.1.1. LABORATÓRIO DE SCI

O laboratório faz parte da divisão de Estruturas e Segurança ao fogo.

O laboratório esta dividido em três secções:

Ensaios de fogo

• Reação ao fogo dos materiais.
• Resistência ao fogo dos elementos de construção e equipamentos eletromecânicos.

• Aptidão do emprego de sistemas de segurança a incêndio.

Engenharia de segurança contra incêndio

• Modelagem física do desenvolvimento do fogo e da fumaça.

• Comportamento das estruturas e elementos de construção em caso de incêndio.

• Estudos específicos e especializados/relatórios de campo.

• Análises avançadas de SCI.

Estudos para mudanças na regulamentação

• Pesquisa e estudos das regulamentações.

• Ensaios alternativos para reação ao fogo.

• Comportamento das partes combustíveis da construção.

3.2. BRE - BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT / FRS - FIRE RESEARCH STATION – REINO UNIDO

O BRE se define como uma organização líder mundial em pesquisa, consultoria, treinamento, testes e organização de certificação, levando sustentabilidade e inovação ao ambiente construído, etc.

Nossa missão é construir um mundo melhor, esperamos que nossos clientes criem melhores edificações e comunidades, e resolvam os problemas com confiança.

Os serviços do BRE são:

• Serviços de consultoria.

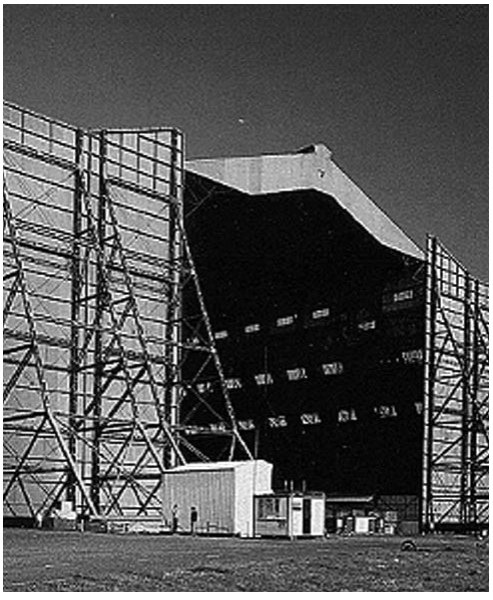
• Testes de produtos.

• Certificação.

• Pesquisas comissionadas.

• Publicações, treinamento e educação.

Na área de SCI, possui diversos laboratórios na GB.



3.2.1. LABORATÓRIO DE SCI FRS - FIRE RESEARCH STATION

Ao lado vemos fotos das instalações laboratoriais do BRE e de um teste dentro do galpão principal

Os laboratórios contam com instalações para:

- Teste de cabos.
- Química do fogo.
- Testes de extintores.
- Resistência ao fogo.
- Testes para a indústria naval.
- Avaliação de toxicidade.
- Reação ao fogo.
- Painéis-sanduíche.
- Testes de sistemas estruturais.
- Proteção passiva ao fogo.

O FRS teve participação significativa na nova legislação do código de incêndio para o Sistema Nacional de Saúde NHS.

A mudança é substituir o certificado anual de SCI por um responsável que terá a responsabilidade legal de desenvolver as avaliações das instalações de saúde.

Esta é a passagem do sistema compulsório formal para a engenharia de proteção contra incêndio.

Sem duvida o FRS tem impressionantes instalações laboratoriais que permitem até ensaios em escala real de edifícios complexos.

3.3. NIST - NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – BFRL - BUILDING FIRE RESEARCH LABORATORY

Fundado em 1901, têm por missão promover a inovação e competitividade industrial americana por meio de medidas científicas avançadas, normas e tecnologia de maneira a ressaltar a segurança econômica e melhorar nossa qualidade de vida.

O BFRL tem mais de oitenta funcionários e pesquisadores.

3.3.1. LABORATÓRIO DE CONSTRUÇÃO E PESQUISA DE FOGO DIVISÃO DE PESQUISA DE INCÊNDIO

A divisão de pesquisa de incêndio: desenvolve, verifica e utiliza medidas e métodos preditivos para quantificar o comportamento ao fogo e os meios para reduzir o impacto do fogo nas pessoas, propriedade e meio ambiente. Este trabalho envolve integração dos laboratórios de medidas, métodos aprovados de predição e experimentos de fogo em grande escala para demonstrar o uso e o valor dos produtos de pesquisa.

Atividade de pesquisa focada desenvolve compreensão científica e de engenharia dos fenômenos de fogo e metrologia, identifica princípios e produz metrologia, dados, e métodos preditivos para a formação e evolução de componentes de fumaça, componentes na chama e para a queima de materiais poliméricos e desenvolver métodos preditivos para o desempenho de detectores de alto desempenho e sistemas de supressão.

A divisão fornece liderança para teoria e praticas avançadas em engenharia de proteção a incêndio, combate ao fogo, investigação de incêndio, testes de fogo, administração de dados de incêndio e incêndio intencional.

Publicações em larga escala, e esforço de transferência tecnológica.

Intensa participação em códigos e normas como laboratório de referência.

3.4. BRI - BUILDING RESEARCH INSTITUTE – DEPARTMENT OF FIRE ENGINEERING

O departamento estuda métodos de engenharia de incêndio para assegurar a segurança das pessoas em caso de incêndio nas edificações ou na cidade, e métodos para minimizar as perdas econômicas causadas pelos incêndios.

O departamento pesquisa:

- Comportamento físico dos materiais.
- Componentes.
- Estruturas em temperaturas elevadas durante os incêndios.
- Comportamento das pessoas durante a evacuação das edificações.
- Pesquisa.
- Desenvolve métodos para avaliação de segurança contra incêndio.

4. Associações internacionais

4.1. IAFSS - THE INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR FIRE SAFETY SCIENCE

O objetivo principal da associação é encorajar a pesquisa sobre prevenção e minimização dos efeitos adversos dos incêndios e implementar para apresentação dos resultados dessas pesquisas. A associação sente que seu papel está nas bases científicas para alcançar o progresso em problemas insolúveis de incêndios. Ela procura cooperação com outras organizações com aplicações ou envolvidas com a ciência que é fundamental para seus interesses em incêndio. Procura promover altos padrões e normas para encorajar e estimular cientistas a dedicar-se aos problemas de fogo, para dar fundamentos científicos e para facilitar as aplicações desejadas, a fim de reduzir as perdas humanas e materiais.

A associação possui mais de quatrocentos membros, de mais de vinte e oito países, incluindo o Brasil. A associação já realizou oito simpósios em diversos países.

Os anais desses simpósios podem ser encontrados no site da associação.

4.2. NFPA - NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

A missão dessa associação é reduzir as perdas devido a incêndios e a outros riscos para a qualidade de vida, fornecendo e defendendo por consenso: código, padrões, normas, pesquisa, treinamento e educação. Atualmente, a associação conta com mais de oitenta e um mil membros individuais em todo mundo, e mais de oitenta companhias americanas e organizações profissionais.

Os manuais:

- Código de segurança a vida.
- Código nacional de instalações elétricas NFPA 70.

Mais de duzentas normas em SCI foram produzidas pela NFPA, que é uma referência internacional.

4.3. SFPE – SOCIETY OF FIRE PROTECTION ENGINEERS

A associação dos engenheiros de proteção contra Iincêndios, conta com aproximadamente quatro mil e quinhentos membros e cinqüenta e sete sedes regionais. Tem como objetivo o desenvolvimento da ciência e a prática na engenharia de segurança contra incêndio e nos campos do conhecimento próximos, para manter altos padrões éticos entre seus membros e para alavancar a educação em engenharia de proteção a incêndios.

É importante entre suas publicações o "Manual de Engenharia de Proteção a Incêndios", uma obra de referência com sessenta e oito áreas de conhecimento organizadas em cinco capítulos.

4.4. FPA - FIRE PROTECTION ASSOCIATION

A associação de proteção contra incêndios, com sede no Reino Unido, é financiada principalmente pelas firmas de seguro, por meio da associação dos seguradores ingleses e dos lordes. Seus objetivos são:

- Proteção das pessoas, propriedade e meio ambiente por meio de técnicas avançadas de proteção a incêndio.
- Colaborar com os membros, seguradores, governo local e central, corpos de bombeiros e outros.
- Ajudar a focar a atenção tanto nacional como internacionalmente nessas questões.
- Influenciar nas decisões feitas por consumidores e negociantes.
- Coletar, analisar e publicar estatísticas, identificar tendências e promover pesquisa.
- Publicar guias, recomendações e códigos de treinamento.
- Disseminar aconselhamentos.

Entre as publicações, é de particular importância o programa desenvolvido para computador de " Life-saver Fire Software", que pode ser acessado pela internet para teste e compra; esse programa permite treinar os funcionários em segurança contra incêndio, por meio de processo interativo, repetitivo e contínuo, que permite a segurança contra incêndios nos postos de trabalho sem muito esforço e com bom custo-benefício.

Existe um grande número de associações relacionadas à segurança contra incêndios.

5. Educação

A educação é considerada a chave para a prevenção e proteção contra incêndios.

Existe uma infinidade de encontros e programas de educação visando à conscientização da população para a prevenção e proteção contra incêndios.

Cursos de treinamento para técnicos em instalações e manutenção de sistemas de segurança são organizados.

Em mais de quarenta países existem cursos de engenharia de proteção contra incêndio. E em alguns deles são oferecidos cursos de pós-graduação tanto no nível de mestrado como de doutorado.

Todas as instituições e laboratório enfocados neste trabalho possuem programas de formação em SCI.

6. Conclusões

É evidente que os países reconhecem a área de segurança contra incêndio como uma área científica do conhecimento e um problema que merece investimentos pesados para diminuir as perdas devido a incêndios.

Esta parte do primeiro capítulo do livro pretendeu:

- Mostrar que os profissionais organizados em associações na área de SCI são milhares.
- Verificar que técnicos, bombeiros, engenheiros, pesquisadores, professores estão associados não só em suas áreas específicas, mas acima de tudo em grandes entidades como a NFPA, em que todos contribuem para o desenvolvimento da SCI.
- Que a profissão de engenheiros de proteção ao fogo é uma realidade internacional.
- Que a área de SCI está sendo enfocada como ciência e tecnologia em todo mundo.
- Laboratórios garantem pesquisa, desenvolvimento, testes e certificação, visando à segurança e a um mercado mais competitivo.
- A proteção à vida humana e ao patrimônio são os objetivos de todos os laboratórios e associações.
- Que existe um mercado muito forte de SCI fora do Brasil que se caracteriza pela inovação e conscientização em massa da população.
- As fotos têm por objetivo mostrar tanto a escala dos investimentos como a preocupação atual em realizar ensaios para estudar as características e parâmetros de grandes incêndios em escala real.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• NFPA, " Life Safety Code Handbook", NFPA, 2006

• NFPA, "National Electrical Code Handbook" (NFPA 70), 2008

• NFPA, " Todas as normas"

• SFPE "Handbook of Fire Protection Engineering" 3rd edition NFPA 2002

• http://www.cstb.fr/

• http://www.bre.co.uk/

• http://www.nist.gov/

• http://www.iafss.org

• http://www.thefpa.co.uk/

• http://www.communities.gov.uk/pub/25/FireStatisticsUnitedKingdom2005_id1509025.pdf

• http://www.plt.org/

• http://www.puc.cl/noticias/anteriores/prensaUC/pub251.html

• http://www.educationworld.com/

II

A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL

Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo

Este projeto, intitulado "Todos Ganham", pelo Tenente Coronel Silvio Bento da Silva que une este grupo de especialistas do país, pretende divulgar para todos os municípios, todas as universidades, todos os corpos de bombeiros e a todas as pessoas interessadas os principais assuntos envolvidos na SCI em edificações.

1. Introdução

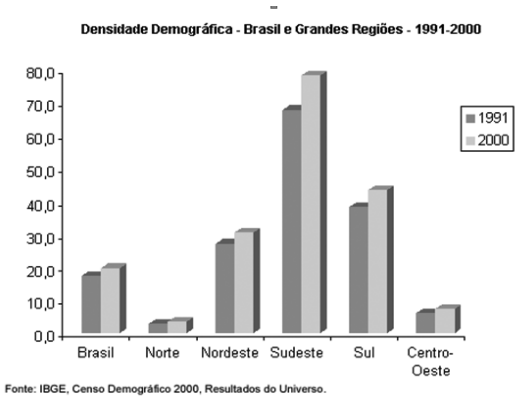
O Brasil passou de um país rural para uma sociedade urbana, industrial e de serviços em um curto espaço de tempo; toda essa mudança ocasionou um aumento dos riscos de incêndio entre tantos outros que enfrentamos. Para termos uma idéia, o Brasil em 1872, no primeiro censo oficial, tinha uma população de oito milhões e quatrocentas mil pessoas livres e de um milhão e meio de escravos, num total de nove milhões e novecentos mil habitantes, sendo que o Estado de São Paulo tinha seiscentos e oitenta mil pessoas livres e cento e cinqüenta e seis mil escravos, e nessa data a cidade de São Paulo tinha apenas trinta mil habitantes, era a décima cidade brasileira. Portanto o Brasil em aproximadamente duzentos e trinta anos passou de dez milhões para cento e oitenta milhões de habitantes, com mais de cento e vinte milhões morando nas cidades. Na tabela a seguir temos um quadro do crescimento vertiginoso da população brasileira de 1872 a 1995.

ANO	POPULAÇÃO ABSOLUTA
1872	9.930.478
1890	14.333.915
1900	17.318.556
1920	30.653.605
1940	41.165.289
1950	51.941.767
1960	70.070.457
1970	93.139.037
1980	119.002.706
1991	147.053.940
1995	161.400.000

Fontes: IBGE, *Anuários Estatísticos do Brasil; L'État du Monde, 1995.*

Nesse período houve uma migração e imigração para as cidades, gerando um fenômeno nunca visto nem em escala mundial. O exemplo mais significativo desse fenômeno é a região metropolitana de São Paulo, que passou de pouco mais de trinta mil habitantes para aproximadamente dezoito milhões em 2006, e continua crescendo.

Tirando certas peculiaridades de clima e instalações com altos riscos, como exploração de bacias petrolíferas, é importante lembrar que as ocorrências de incêndios são maiores em regiões mais densamente povoadas.



O esforço para construir a infra-estrutura e as edificações necessárias tem mostrado deficiências em todos os setores da sociedade: segurança, saúde, educação, manutenção e conservação ambiental, etc.

Em minha opinião, acho que fizemos o que parecia ser impossível, bem ou mal construímos em aproximadamente duzentos e trinta anos um País para cento e oitenta milhões de pessoas, evidentemente com uma qualidade abaixo do que gostaríamos e que levaremos anos para corrigir.

A segurança contra incêndio no Brasil está dentro desse modelo de crescimento no qual parece que temos tudo por fazer:

- Melhorar a regulamentação.
- Aumentar os contingentes.
- Atender todos os municípios.
- Melhorar os equipamentos.
- Melhorar a formação dos:
    - Arquitetos.
    - Engenheiros.
    - Bombeiros.
    - Técnicos.
    - População, etc.

Talvez a SCI tenha sido colocada em segundo plano dentro desse desenvolvimento desenfreado, por ser uma área complexa do conhecimento humano, envolvendo todas as atividades do homem, todos os fenômenos naturais, toda a produção industrial, ou seja, deve estar presente sempre e em todos os lugares.

Existe pouca literatura nacional em SCI, o que faz parte das deficiências naturais de um país em construção; então, tentando colocar mais uma pedra na edificação do conhecimento da SCI no Brasil, alguns especialistas resolveram fazer esta publicação.

2. Formação em SCI no Brasil

Os currículos das faculdades de arquitetura e engenharia têm um conteúdo extenso e apertado, não permitindo absorver outros conhecimentos, sendo necessária uma profunda reformulação para que a SCI seja absorvida.

Nesse cenário, verificamos que a formação de arquitetos e de engenheiros tem dado pouca ênfase para a SCI nas edificações, isso nos têm levado a práticas com baixa exigência em relação ao controle do risco de incêndio. Caso decidíssemos implantar cursos de SCI em todos os cursos de arquitetura e engenharia, seria um desastre, pois não temos quadros de professores para ministrar tais cursos. Temos apenas alguns professores orientando alunos de pós-graduação nessa área de conhecimento.

Os profissionais com essas deficiências em suas formações são aqueles que projetarão, construirão e aprovarão os projetos, gerando um perigo latente em SCI em todas as cidades.

Do exposto podemos dizer que um programa para tornar a área de SCI consistente passará pela formação de quadros para depois atuarmos em larga escala junto a arquitetos e engenheiros.

Infelizmente não podemos parar e precisamos continuar a projetar e construir novas edificações, além de adaptar as edificações já existentes.

A legislação continua a avançar e exigir mais dos profissionais que precisam freqüentar cursos de especialização ou contratar serviços terceirizados de SCI.

3. Os municípios brasileiros

A dinâmica das cidades brasileiras que se modernizam para serem competitivas, dentro dos mercados glo-

bais, aumenta a complexidade da produção e dos serviços que, paralelamente às exigências da população urbana, tem provocado o aumento dos riscos de incêndios nas edificações. Para atender a população são implantados grandes depósitos de materiais combustíveis e materiais perigosos, criando locais com enorme potencial de incêndio.

Precisamos nos armar com as ferramentas de projeto, com o controle dos materiais, garantir a construção mais segura e implantar os procedimentos de segurança para uma operação pela qual são minimizados os riscos.

A maioria dos municípios brasileiros não está preparada para essa enorme tarefa. Aprovações de projetos, inspeções e o Habite-se no quesito de SCI têm sido insatisfatórios e às vezes calamitosas, chegando em casos de sinistros com grandes perdas de vidas.

Tem sido os Estados, na maioria das vezes, que mantêm em convênio com os municípios os serviços de bombeiros, que fazem as avaliações e inspeções nas edificações. Os municípios brasileiros continuam a crescer, principalmente nas áreas urbanas, exigindo um aumento da infra-estrutura de SCI.

A produção nas áreas rurais é das maiores do mundo, exigindo grandes silos de armazenamento e agroindústria para beneficiamento, tendo como conseqüência riscos de grandes incêndios e explosões.

4. A produção das edificações em nosso país se diversifica

A produção e importação de materiais modernos de construção que são usados nas edificações levam à necessidade de conhecermos seus comportamentos em situação de incêndio. Os riscos podem variar muito com o uso de novos materiais sem controle de sua reação e resistência ao fogo; dessa maneira, torna-se necessário ensaiar todos os materiais e sistemas construtivos do mercado, o que nem sempre tem sido feito.

Os sistemas pré-fabricados e os componentes moldados “in loco” nos levam ao aumento da produtividade no canteiro, mas nos colocam diante da difícil tarefa de conhecer seu comportamento em situação de incêndio. Como quanto maior a complexidade maior o risco, devemos ter em mente que quanto mais sofisticado, quanto maiores e mais altas forem as edificações, maiores os cuidados com a inspeção, com o projeto, com a construção, com o funcionamento e com mudanças de uso.

Novos riscos são gerados diariamente nas cidades brasileiras em função de inovações e mudanças de necessidades das empresas e dos edifícios públicos.

Exemplos de áreas de alto risco são:

• Plataformas de exploração de petróleo nas quais os operários habitam em cima de um escoadouro de líquido e gás combustíveis.

• Vizinhança de fábricas de explosivos e fogos de artifício.

5. Dores do crescimento

Todos os países têm aprendido com os grandes incêndios, com o Brasil não foi diferente. A urbanização alucinante de São Paulo provocou um aumento brutal do risco de incêndios na cidade, que culminou com os incêndios dos edifícios Andraus e Joelma, com um grande número de vítimas humanas, não apenas as que morreram, mas com todas as pessoas envolvidas diretamente nesses incêndios que tiveram suas vidas afetadas, causando mudanças comportamentais e traumas psicológicos pós-incêndio. Indiretamente, toda a população brasileira foi afetada, pois a televisão apresentou ao vivo essas tragédias.

Seguiram-se outras tragédias com vitimas na cidade do Rio de Janeiro, de Porto Alegre, entre outras.

Essas tragédias provocaram mudanças na legislação, nas corporações de bombeiros, nos institutos de pesquisa e, principalmente, foi iniciado um processo de formação de técnicos e pesquisadores preocupados com essa área de conhecimento.

6. Cultura da segurança

Os riscos continuam a aumentar em todo território nacional pela complexidade da sociedade que implanta

usinas nucleares, desenvolve técnicas de lançamento de satélites, complexos de petróleo que levam a autonomia do País nesse tipo de combustível, implanta os programas do álcool e do biodiesel inéditos internacionalmente e que necessitam de estoques e manuseio em larga escala desses produtos perigosos, edifícios cada vez mais complexos e maiores. Esses riscos nos obrigam a desenvolver uma nova cultura de segurança em que é melhor prevenir do que remediar.

7. Engenharia de SCI - Segurança Contra Incêndio

Temos aprendido com os grandes incêndios, como veremos em outro capítulo desta publicação, entretanto estamos mudando nossa postura diante do problema, melhorando as regulamentações e normas. Esse esforço tem exigido dos projetistas melhora nas condicionantes de SCI nas edificações. O próximo passo nas edificações complexas será a exigência de projetos de engenharia de SCI, nos quais são calculados e assumidos os riscos de maneira a evitar os grandes incêndios e ao mesmo tempo minimizar custos de instalações, treinamentos, erros operacionais, etc.

Ao contrário de muitos países, não temos curso de engenharia de SCI no Brasil; nos países em que a especialidade em SCI existe, verificamos total absorção dos engenheiros de SCI pelo mercado.

8. SCI em edificações

As incidências, mais freqüentes, de incêndios tanto pequenos como grandes são nas edificações. Alguns exemplos de início de ignição são: vazamento de gás de bujões com explosões, curto-circuitos em instalações elétricas por excesso de carga, manuseio de explosivos e outros produtos perigosos em locais não adequados, esquecimento de ferro de passar roupa, fogões e eletrodomésticos ligados, etc. Toda tragédia de incêndio começa pequena.

9. Conceitos básicos

No Brasil, os engenheiros, arquitetos, técnicos e estudantes que completaram o segundo grau têm conhecimento dos conceitos de: condução, radiação, convecção e de calor latente, entretanto dificilmente esses conceitos são ligados à SCI.

10. Arquitetura e urbanismo na SCI

No país a arquitetura e o urbanismo ainda não têm a questão da SCI absorvida plenamente nas práticas de projeto e construção, mudanças são necessárias desde o planejamento urbano como na garantia de acesso de viaturas de bombeiros, existência de hidrantes urbanos, até a proteção passiva e ativa, saídas de emergência, compartimentações, reação ao fogo dos materiais de construção e acabamentos.

11. Edificações especiais

Algumas edificações, tais como edifícios altos, grandes depósitos, centros de compras, instalações industriais e tantas outras necessitam de projetos diferenciados, pois envolvem grandes riscos, sendo que no Brasil essas construções não têm obedecido a todas as exigências, falhando em algum ponto do projeto, da construção ou da operação, colocando em risco em caso de sinistro ocupantes e bombeiros envolvidos.

12. Edificações “subnormais”

No Brasil as condições econômicas e a migração em massa para as cidades têm criado riscos pelo crescimento e alastramento de favelas e cortiços; já tivemos inúmeros casos de incêndios nos quais a maioria das vitimas é criança sozinha em subhabitações ou barracos. Essas construções precárias feitas com materiais combustíveis ou instalações e equipamentos em péssimas condições tornam essas construções um barril de pólvora, com qualquer

pequeno incêndio transformando-se em uma tragédia em curto espaço de tempo, sobrando para os bombeiros apenas o rescaldo e o atendimento as vitimas.

13. Medidas de PCI - Proteção Contra Incêndio

A cultura brasileira, boa parte herdada da cultura ibérica, nos levou à utilização da taipa de pilão e à alvenaria que fornecem uma boa proteção ao fogo em caso de construções tradicionais, austeras e sólidas. São nas novas tecnologias de materiais estruturais, vedações, revestimentos, grandes edifícios, complexos de compras, etc. que estão as armadilhas contra a SCI. Essas armadilhas podem ser evitadas com medidas de proteção contra incêndios, o que em muitos casos não aplicadas a contento.

Sofremos de falta de medidas estruturais para aplicar as medidas necessárias de PCI, pois carecemos de:

- Profissionais formados especificamente na área de PCI.
- Laboratórios completos e em número compatível com as dimensões do Brasil.
- Legislação em nível nacional, estadual e municipal.
- Técnicos, instaladores, operadores de sistemas de PCI.
- Toda a produção nacional de materiais de construção ensaiada e catalogada.
- Exigência de conformidade com a legislação de todos os produtos importados, etc.

Essa área é de grande complexidade, pois envolve resistência e reação ao fogo dos materiais de construções, saídas de emergência, sistemas de detecção e combate ao fogo, iluminação de emergência e controle de fumaça.

14. Rumos

Como podemos ver, o Brasil vai ter de continuar a queimar etapas nessa corrida contra o tempo, lembrando sempre que com poucos recursos humanos e econômicos, provocando o desenvolvimento da pesquisa, da legislação, da normalização, da certificação e principalmente da formação. Podemos dizer que a primeira crise a enfrentar é de gerência em nível nacional para a SCI.

Um gerente de projeto que consiga com os poucos recursos materiais e humanos criar as prioridades, fazendo com que todos não dupliquem esforços inúteis e atinjam objetivos claros dentro dos prazos estipulados.

Devem ser metas, do gerente, planos viáveis de curto, médio e longo prazos.

Uso de cooperação internacional para sanar lacunas em nossas equipes e podermos mudar rumos sem ter em vista o objetivo maior que é alinhar a SCI no Brasil com a comunidade cientifica e profissional dessa área do conhecimento.

15. Gerente nacional para SCI

Vamos enumerar o perfil de um gerente em nível nacional para o desenvolvimento da SCI.

- Disponibilidade para trabalhar em tempo integral.
- Ser capaz de administrar, rapidamente, as diferenças de opiniões de todos os grupos envolvidos para que o plano nacional seja simples e de fácil entendimento para todos.
- Ter liderança natural e não hierárquica.
- Ter uma visão geral de todos os envolvidos:
    1. União, Estados e Municípios.
    2. Empresas privadas.
    3. Universidades.
    4. Órgãos de Segurança Pública.
    5. Órgãos de fomento nacionais e internacionais.
    6. Pesquisadores.
    7. Profissionais, etc.
- Facilidade em organizar, sob sua chefia, um sistema para arrecadação de fundos para atingir os objetivos.
- Olhar as necessidades regionais para que o sistema seja capaz de disseminar a cultura da SCI em nível nacional, sem esquecer as características locais.

• Descentralizar as decisões mantendo apenas a coordenação.
• Capaz de sempre verificar se não está abusando do poder a ele delegado.
• Seria importante que entendesse de SCI, etc.

Muitos gostariam de ter essa tarefa por interesses pessoais e seria um desastre, pois jamais teriam condições de gerenciar o interesse maior que é o desenvolvimento da SCI no Brasil.

16. Pesquisa de incêndio

A SCI foi recentemente considerada como uma nova área da ciência, precisamos nos alinhar com essa nova tendência mundial e iniciar o ensino e a pesquisa na ciência do fogo.

Falo sempre que na representação de uma reação química de oxirredução, o incêndio é representado pela flecha que representa o antes e depois da reação ou troca de elétrons entre combustível e comburente. Podemos dizer a flecha, essa grande desconhecida, que é por onde passam todos os fenômenos transitórios da combustão. Claro que a pesquisa de incêndio não é simples assim, entretanto, esse exemplo dá uma idéia do quanto temos a pesquisar nessa área do conhecimento.

Para melhorar a qualidade de: instalações, equipamentos, procedimentos e criar programas de orientação para fabricantes e usuários das edificações é necessário pesquisar causas e efeitos em pequenos incêndios que são uma fonte importante de dados.

Criar uma cultura da pesquisa e inovação que dê espaço para que as idéias possam ser desenvolvidas sem o medo de errar que tem sido o grande inibidor da experimentação na nossa sociedade. Punir quando uma experiência foi mal sucedida pode ser um tiro no pé, pois inibe o experimentador, e é claro que essas falhas precisam de análise fria dos motivos do fracasso e o que podemos apreender dos erros. Não é simples, mas a experimentação é altamente incentivada em paises inovadores e desenvolvedores do conhecimento.

17. Coleta de dados de incêndio

Para que possamos tomar decisões é preciso uma base consistente de dados dos incêndios caracterizando suas causas e conseqüências; para isso utilizando técnicas de estatística e pesquisa científica.

O incêndio deixa rastros tais como: motivos, origem, temperaturas, reações químicas incompletas, velocidade de propagação, materiais queimados, carga incêndio, etc.

A pesquisa científica e investigativa pode nos levar a uma análise conclusiva dos fenômenos físicos, químicos e humanos envolvidos no incêndio.

18. Legislação

Já falamos da necessidade da legislação, mas é importante sabermos o que temos no momento e os esforços que foram feitos nos últimos anos para chegarmos ao ponto em que estamos. Temos de avançar na legislação que deve ser continuamente revisada e atualizada em função das necessidades da sociedade e da evolução tecnológica.

Dizem que a legislação está sempre atrasada em relação à necessidade da sociedade, isso nem sempre é verdade, pois em muitos casos ela é capaz de atuar de maneira a provocar mudanças nos procedimentos errados arraigados na sociedade. No Brasil muitos deixam para Deus a total responsabilidade pelas tragédias por eles deflagradas, o que é uma pratica nefasta , pois seria possível minimizar as tragédias por meio de uma legislação adequada.

19. Laboratórios em SCI

laboratórios e incompletos são um entrave para o desenvolvimento da área de SCI. A demanda por grande número de ensaios não dá a agilidade que o mercado precisa, retardando a certificação dos produtos.

Não sobra espaço, tempo e recursos para a pesquisa cientifica, básica e tecnológica.

A dimensão continental do Brasil não permite o acesso fácil aos laboratórios que estão centrados na região sudeste.

Os técnicos têm pouco tempo para seus estudos e pesquisas, visando aprimorar seus conhecimentos e sua capacidade como pesquisadores.

Grande parte das instalações e equipamentos precisa ser atualizada e substituída para melhorar a qualidade e eficiência dos poucos laboratórios existentes.

20. Normalização e certificação

Normalizar e certificar é um instrumento importante para garantir a qualidade e o desempenho dos materiais, componentes e sistemas construtivos, fornecendo um instrumento eficaz no controle da SCI das edificações.

O envolvimento dos três segmentos da sociedade: poder público, consumidores e produtores tem sido pequeno, precisando ser ampliado. O número de normas precisa ser rapidamente ampliado, mas o esforço de poucos tem sobrecarregado sua atuação, resultando em menor velocidade tanto na revisão de normas existentes como de normas novas. O baixo crescimento econômico nacional, das últimas décadas, dificulta a ampliação dos grupos de trabalho.

21. Qualificação profissional

Temos falado na qualificação profissional durante toda esta introdução, pois ela é a base para que possamos garantir a qualidade da construção e da operação dentro de um risco de projeto assumido.

A cadeia das profissões envolvidas na SCI é complexa, pois vai desde legisladores e profissionais sêniores indo até os brigadistas, passando por arquitetos, engenheiros, técnicos em instalações, avaliadores, etc.

Não basta a formação teórica, também é necessário o treinamento prático em que é exigida a competência para executar as tarefas necessárias.

Qualquer fragilidade na cadeia profissional pode ter resultados funestos com a ocorrência de sinistros que poderiam facilmente ser evitados.

22. Análise de risco de incêndio

Com o que temos afirmado, vemos que estamos assumindo riscos acima do aceitável em nossas edificações, sendo importante que utilizemos métodos de avaliação de desempenho e análise de risco de maneira a maximizar os resultados de SCI com os recursos investidos.

Análise de risco envolve:

- Modelagem matemática pelo uso de possibilidade de ocorrência de fatores em série ou paralelo para a ocorrência de incêndio.
- Análise de locais de riscos específicos.
- Cálculos de carga de incêndio, velocidade de propagação.
- Calculo de perdas:
    - Humanas.
    - Materiais.
    - Operacionais.
    - Institucionais, etc.
- Probabilidade de deflagração generalizada, ou seja, o incêndio passar de um edifício para outro alcançando uma escala urbana.

23. Educação pública

Engajar toda a população na prevenção contra incêndio com campanhas e treinamento em escolas e veículos de comunicações é um outro instrumento de que o país pode ativar. É triste vermos crianças e indivíduos deformados por queimaduras que poderiam ter sido evitadas com procedimentos simples de segurança.

O ideal é a implantação de programas de educação em todos os níveis de cursos, desde a pré-escola até o

terceiro grau, de maneira que todos possam conhecer os riscos de incêndio de suas atividades e quais as atitudes a ser tomadas em casos de incêndios.

Quanto mais lúdicos forem os treinamentos, melhores serão a retenção e a automação dos procedimentos necessários à prevenção de incêndios e à saída das pessoas das edificações.

Segurança pública em SCI é um estado de espírito coletivo, de estar sempre alerta para não fazer procedimentos perigosos que possam vir a ocasionar um incêndio. Tem um provérbio popular que nem sempre é obedecido: “prevenir e melhor do que remediar”.

24. Novas tecnologias na SCI

A corrida tecnológica em SCI nos alcança com: sistemas inteligentes, uso de programas de computadores, automatização, novos materiais, etc. Temos de organizar a pesquisa e o desenvolvimento de produtos nacionais de acordo com nossa necessidade, permitindo que a distância entre nós e os outros países diminua sensivelmente.

Como objetivos das novas tecnologias, devemos pensar sempre na melhora da SCI, relacionando-as com os princípios básicos da SCI:

- Aumentar a segurança humana.
- Diminuir as perdas materiais.

Como exemplos de perigos da introdução de novas tecnologias em SCI temos:

- Aumentos do risco de ignição com a introdução de automações são comuns, tais como incêndios em salas sofisticadas de controle de edificações.
- Robôs sempre podem vir a causar acidentes, até fatais, com pessoas.
- Produtos tóxicos que inibem a combustão, mas são nocivos à saúde das pessoas.
- Medicações que poderiam aumentar o número de incendiários, etc..

25. Gestão de SCI em edificações

O Brasil tem avançado em técnicas de gestão e esses conhecimentos podem com facilidade ser aplicados em SCI nas edificações de empresas e os órgãos públicos.

O primeiro passo na gestão da SCI nas edificações é o detalhamento dos riscos existentes no prédio:

- Uso.
- Entorno.
- Estrutura.
- Vedações.
- Materiais de revestimento.
- Acabamentos.
- Instalações.
- Carga incêndio, etc

Em seguida, execução de um plano para melhorias para alcançar os objetivos da SCI.

Finalmente, um plano de manutenção e acompanhamento das atividades de maneira a impedir que os riscos atinjam valores acima do projetado.

26. Manutenção e SCI

As práticas de manutenção nas edificações dificilmente levam em conta os riscos da SCI.

Incêndios e explosões têm ocorrido em função da manutenção e que não levaram em conta os perigos de ocorrência de incêndio ou explosão.

Operação de edificações complexas, como centros de compras, supermercados, edifícios de uso misto, etc. exige manutenção em tempo real e que precisa ter em sua programação a questão da SCI definida e dimensionada a fim de evitar surpresas.

27. Planos de emergência

Entre as questões de treinamento e formação de quadros para SCI são fundamentais os planos de emergência que garantem a efetiva ação dos atores em caso de sinistro.

28. Considerações finais

No Brasil as perdas por incêndios em edificações têm aumentado em importância pela escala que nos sinistros vem envolvendo cada vez maiores riscos.

A urbanização brasileira continua a ser grande, com aumento concomitante dos riscos de incêndio.

A formação em SCI é praticamente inexistente no país.

As análises de incêndio, na sua maioria, são qualitativas, dependendo do treinamento repetitivo dos avaliadores que assim vão intuitivamente melhorando suas decisões.

Os laboratórios de SCI estão sobrecarregados de serviço. Devemos construir laboratórios regionais de maneira a atender melhor à demanda por ensaios no país.

Uma tarefa imensa nos espera na área de SCI.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- SÃO PAULO (Estado) Decreto nº 46076 de 31 de agosto de 2001. Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações.
- MOREIRA, Kátia Beatris Rovaron; ONO, Rosaria. *A influência da segurança contra incêndio e segurança patrimonial no projeto arquitetônico*. In: Seminário Internacional NUTAU 2004. São Paulo: USP, 2004, p. 276.
- DEL CARLO, Ualfrido. *Arquitetura e o incêndio. Simpósio Nacional de Instalações Prediais: Sistemas de Proteção e Combate A Incêndios.* 4. Anais. São Paulo: EPUSP, 1987.
- LANDI, Francisco Romeu. *Arquitetura e o incêndio.* Cipa: Caderno Informativo de Prevenção de Acidentes. São Paulo: v.10, n.114, p.30-8, 1989.
- BERTO, Antonio Fernando. *Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios.* São Paulo: FAUUSP, 1991.
- ONO, Rosária. *Dimensionamento de rota de fuga: norma e leis.* Revista Séria. São Paulo: v.1, n.4, p.10-12, mar./abr. 2003.
- ONO, Rosária. *Segurança contra incêndio em edificações um sistema de coleta e análise de dados para avaliação de desempenho.* São Paulo: FAUUSP, 1997.
- ONO, Rosaria; Tatebe, Kenji. A *study on school children's attitude towards fire safety and evacuation behavior in Brazil and the comparison with data from Japanese children.* London: Interscience Communications, 2004.
- PINTO, Edna Moura. *Proteção contra incêndio para habitações em madeira.* São Carlos: EESC/USP, 2001.
- DEL CARLO, Ualfrido. *Critérios e conceituação atualmente usada na análise do risco de incêndio*. IPT, 1980.

III
APRENDENDO
COM OS GRANDES INCÊNDIOS

Cel Reserva PM Alfonso Antonio Gill
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Cel Reserva PM Ms Walter Negrisolo
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Cel Reserva PM Sergio Agassi de Oliveira
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Esclarecimentos iniciais

Nossa intenção foi demonstrar que a ocorrência de alguns grandes incêndios mobilizou segmentos da sociedade para a mudança das condições de segurança contra incêndio então vigentes. Evidenciamos o quanto os grandes incêndios alteraram a maneira de encarar e operar a segurança contra incêndio da sociedade brasileira, destacando que tais eventos geraram vontade e condições políticas para as mudanças e o modo como essa vontade se consubstanciou.

E, apesar de escrevermos para a realidade brasileira, entendemos ser de grande utilidade buscar paralelos e exemplos no exterior. Para tanto, nos valemos principalmente do caso dos Estados Unidos da América (EUA), em que encontramos maior facilidade no acompanhamento de sua evolução pela existência de uma entidade nacional, a National Fire Protection Association (NFPA) que, desde 1897, produz textos básicos indicativos do nível de segurança contra incêndio.

Decidimos também descartar os incêndios de cidades, como os ocorridos em Roma (64 DC), Londres (1666), Hamburgo (1842), Chicago (1871), Boston (1872), etc., por entendermos que eles não se repetirão em suas características, especialmente a propagação, nas cidades atuais.

Isso decorre da moderna urbanização e, sobretudo, da presença do automóvel. Esse meio de transporte produziu cidades com ruas e avenidas hierarquizadas e o conseqüente afastamento entre blocos de edificações, impedindo assim a propagação de incêndios por grandes áreas.

Abaixo utilizamos como exemplo visual a cidade de Barcelona. A foto aérea da cidade permite que se observe o Centro Velho (Bairro Gótico) e as demais áreas já devidamente urbanizadas (foto retirada do site oficial da cidade de Barcelona).

Concordamos com H. S. Malhotra (ver Bibliografia) quando indica as atuais conflagrações como restritas às grandes estruturas típicas de nosso tempo, destinadas a indústrias, aeroportos, centros de convenções, prédios elevados, etc., e não mais conflagrações envolvendo as várias estruturas amontoadas de uma área urbana desordenada.

Limitamos a análise das evoluções quase somente ao ocorrido em São Paulo, pelo fato de as tragédias marcantes haverem ocorrido nessa cidade e nesse Estado, e também porque uma análise mais abrangente necessitaria de mais tempo e maior espaço para publicação.

Finalmente, tentamos destacar pontos e aprendizados que ainda não ocorreram ou não se consolidaram, em especial os aprendizados decorrentes de tragédias recentes de países vizinhos.

Começaremos pelo exemplo vindo dos Estados Unidos da América.

2. Os incêndios e o aprendizado nos Estados Unidos da América

Antes que ocorressem incêndios com grande perda de vidas nos Estados Unidos da América (EUA), a segurança contra incêndio, ou suas técnicas, eram difundidas com ênfase na proteção ao patrimônio.

O primeiro Handbook, publicado por Everett U. Crosby, em 1896, predecessor do atual Fire Protection Handbook, e ainda não editado pela NFPA, buscou facilitar o trabalho dos inspetores das companhias de seguros em sua prática diária.

Das 183 páginas do primeiro Handbook, 37 dedicavam-se a chuveiros automáticos e 49 a suprimento de água. O foco nesses assuntos devia-se ao fato de os membros e originais organizadores da NFPA serem oriundos de companhias de seguro.

O marco divisório na Segurança Contra Incêndio acontece após ocorrerem quatro grandes incêndios com vítimas, que são:

2.1. TEATRO IROQUOIS, EM CHICAGO

Ocorrido em 30 de dezembro de 1903, aproximadamente um mês após a abertura do Teatro, e 32 anos após o incêndio que devastou a cidade. O Teatro Iroquois era tido como supostamente seguro contra incêndios. Com aproximadamente 1600 pessoas na platéia, o fogo vitimou 600 delas (dentre as quais, apenas um componente do grupo artístico e pessoal de apoio).

Como diversos incêndios já haviam ocorrido em teatros, tanto na Europa quanto nos EUA, sem a mesma magnitude, as precauções necessárias contra esse acidente eram conhecidas, mas não foram tomadas pelos proprietários do Teatro. Constavam de tais precauções a presença de bombeiros com equipamentos (extintores, esguichos e mangueiras, etc.), a participação de pessoas aptas a orientar ações de abandono, a existência de cortina de asbestos que isolasse o palco da platéia, a implantação de adequadas saídas devidamente desobstruídas (destrancadas), entre outras.

No Teatro Iroquois algumas destas medidas não foram adotadas e outras não funcionaram a contento.

Mais detalhes sobre esse incêndio podem ser obtidos no seguinte endereço eletrônico:http://www.chipublib.org/004chicago/disasters/iroquois_fire.html

2.2. CASA DE ÓPERA RHOADS

Situada em Boyertown, Pensilvânia, essa Casa de Ópera incendiou-se em 13 de janeiro de 1908, com a queda de uma lâmpada de querosene. Situava-se em um segundo pavimento e as saídas estavam fora de padrão ou obstruídas. A estreita saída existente não foi suficiente e 170 pessoas pereceram. Mais detalhes em: http://en.wikipedia.org/wiki/Rhoads_Opera_House

2.3. ESCOLA ELEMENTAR COLLINWOOD EM LAKE VIEW

A maior tragédia ocorrida em ambiente escolar nos EUA se desenrolou em 4 de março de 1908, vitimando 172

crianças, 2 professores e uma pessoa que tentou socorrer as vítimas.

Devastador, esse incêndio reforçou a consciência americana sobre a necessidade de melhoria dos códigos, normas e dos exercícios de escape e de combate ao fogo.

Mais detalhes sobre o incêndio no endereço: http://www.deadohio.com/collinwood.htm, de onde foi extraída a foto abaixo, que mostra a escola após o incêndio.

2.4. TRIANGLE SHIRTWAIST FACTORY

Em 25 de março de 1911, em Nova York, ocorreu o incêndio que fechou a seqüência trágica, dando início ao processo de mudança: incendiou-se a Triangle Shirtwaist Factory.

Essa indústria de vestuário, situada em um prédio elevado, o edifício Asch, ao se incendiar causou a morte de 146 pessoas, em sua maioria jovens mulheres imigrantes, com menos de 18 anos de idade. Muitas delas se projetaram pelas janelas, outras pereceram nas escadas e corredores.

Ao lado, a foto da edificação que se incendiou.

Vinte e cinco minutos após o início do incêndio, os bombeiros de Nova York o consideraram fora de controle e depois de dez minutos ele atingia toda a edificação.

Os bombeiros somente atingiram o topo da edificação uma hora e cinqüenta minutos após o início do incêndio. Mais detalhes sobre esse incêndio podem ser encontrados em http://www.ilr.cornell.edu/trianglefire/.

2.5. A MUDANÇA

Quatro edições do "Manual de Proteção Contra Incêndios" (Handbook Fire Protection) haviam sido publicadas, com evoluções técnicas, até que surge aquele considerado marco divisório: a quinta edição, de 1914. A importância dessa edição decorre dos incêndios anteriormente citados, em especial do então recente incêndio com vítimas da Triangle Shirtwaist Company, que ampliou a missão da NFPA para a proteção de "vidas" e não somente de propriedades.

Foi após esse incêndio que a NFPA criou o Comitê de Segurança da Vida, origem do Código de Segurança da Vida (NFPA 101). A primeira publicação desse comitê é o texto "Sugestões para Organização e Execução de Exercícios de Incêndio".

O mesmo comitê, posteriormente, vai gerar indicações para a construção de escadas, de saídas de incêndio para o abandono de diversos tipos de edifícios e a construção e disposição de saídas de emergência em fábricas, escolas, etc., que até hoje constituem a base desse código.

3. Os incêndios e o aprendizado no Brasil

3.1. UNIFICANDO A LINGUAGEM

Para prosseguirmos com o aprendizado decorrente dos grandes incêndios, facilitar a comunicação quando da apresentação dos exemplos e críticas, e unificar a linguagem entre o que entendemos e estamos apresentando ao leitor, cabe esclarecer que elegemos a Segurança Contra Incêndio como dividida entre os seguintes grupos de Medidas de Proteção Contra Incêndio (MPCI):

- Prevenção de incêndio.
- Proteção contra incêndio.
- Combate a incêndio.
- Meios de escape.
- Gerenciamento.

E assim compreendemos essa divisão:

Prevenção - Abrange as medidas de segurança contra incêndio que objetivam "evitar" incêndios (união do calor com combustíveis), as quais serão mais importantes quanto maior a quantidade e mais fracionado o combustível (gases, vapores, poeira). Em síntese: são as medidas que trabalham o controle dos materiais combustíveis (armazenamento/quantidade) das fontes de calor (solda/eletricidade/cigarro) e do treinamento (educação) das pessoas para hábitos e atitudes preventivas.

Proteção - São as medidas que objetivam dificultar a propagação do incêndio e manter a estabilidade da edificação. Normalmente são divididas em proteções ativas e passivas, conforme trabalhem, reagindo ou não em caso de incêndio. Exemplos de medidas de proteção passiva: paredes e portas corta-fogo; diques de contenção; armários e contentores para combustíveis; afastamentos; proteção estrutural, controle dos materiais de acabamento. Exemplos de medidas de proteção ativas: sistema de ventilação (tiragem) de fumaça; sistema de chuveiros automáticos (sprinkler).

Combate - Compreende tudo o que é usado para se extinguir incêndios, tais como: equipamentos manuais (hidrantes e extintores) complementados por equipes treinadas; sistemas de detecção e alarmes; sistemas automáticos de extinção; Planos de Auxilio Mútuo – PAMs; corpo de bombeiros públicos e privados, condições de acesso à edificação pelo socorro público; reserva de água (e hidrantes públicos), etc..

Meios de escape - Normalmente constituído por medidas de proteção passiva, tais como escadas seguras, paredes, portas (corta-fogo), podem incluir proteção ativa, como sistemas de pressurização de escadas e outros. Dependem ainda dos sistemas de detecção, alarme e iluminação de emergência e, em alguns casos, de uma intervenção complementar de equipes treinadas para viabilizar o abandono, especialmente nos locais de reunião de público. Destacamos essa medida de proteção contra incêndio das demais devido à sua importância fundamental para a vida humana e por sua ação básica nos trabalhos de resposta a emergências, visto que as equipes de resposta normalmente acessam a edificação e as vítimas por meios de escape.

Gerenciamento - Incluímos nessa medida de proteção contra incêndio todas as medidas administrativas e de dia-a-dia, como o treinamento e reciclagem das equipes de resposta a emergências, a existência de um plano e um procedimento de emergência, a manutenção dos equipamentos instalados, a adequação dos meios instalados com o risco existente (o qual muitas vezes se altera sem que se efetue a necessária adequação dos meios), etc. Em síntese, abrange a manutenção dos sistemas e a administração da resposta às emergências, nelas inclusos o treinamento do pessoal e sua ação fundamental em locais de reunião de público (já citado acima).

A Segurança Contra Incêndio, em nosso entender, se faz com a presença de todas essas medidas, devidamente balanceadas. Vejamos agora, de forma resumida, como estava a Segurança Contra Incêndio no Brasil antes dos incêndios que provocaram as maiores mudanças na sociedade brasileira e quais foram as alterações ocorridas.

3.2. SITUAÇÃO NO BRASIL ANTES DOS GRANDES INCÊNDIOS

Muito pela ausência de grandes incêndios e de incêndios com grande número de vítimas, o "problema incêndio", até início dos anos 70 do século passado, era visto como algo que dizia mais respeito ao corpo de bombeiros.

A regulamentação relativa ao tema era esparsa, contida nos Códigos de Obras dos municípios, sem quaisquer incorporações do aprendizado dos incêndios ocorridos no exterior, salvo quanto ao dimensionamento da largura das saídas e escadas e da incombustibilidade de escadas e da estrutura de prédios elevados.

O corpo de bombeiros possuía alguma regulamentação, advinda da área seguradora, indicando em geral a obrigatoriedade de medidas de combate a incêndio, como a provisão de hidrantes e extintores, além da sinalização desses equipamentos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tratava do assunto por intermédio do Comitê Brasileiro da Construção Civil, pela Comissão Brasileira de Proteção Contra Incêndio, regulamentando mais os assuntos ligados à produção de extintores de incêndio.

Inexistia, por exemplo, uma norma que tratasse de saídas de emergência.

Toda a avaliação e classificação de risco eram decorrência do dano ao patrimônio, sendo a única fonte reguladora dessa classificação a Tarifa Seguro Incêndio do Brasil (TSIB).

Talvez possamos até afirmar que a situação do País era semelhante à dos EUA em 1911.

E uma conclusão óbvia é a de que nosso País não colheu o aprendizado decorrente dos grandes incêndios ocorridos nos EUA ou em outros países.

Inicia-se então a seqüência de tragédias.

3.3. GRAN CIRCO NORTE-AMERICANO, NITERÓI, RIO DE JANEIRO

O maior incêndio em perda de vidas, em nosso País, e de maior perda de vidas ocorridas em um circo até nossos dias, aconteceu em 17 de dezembro de 1961, em Niterói (RJ) no Gran Circo Norte-Americano, tendo como resultado 250 mortos e 400 feridos. Vinte minutos antes de terminar o espetáculo, um incêndio tomou conta da lona. Em três minutos, o toldo, em chamas, caiu sobre os dois mil e quinhentos espectadores. A ausência dos requisitos de escape para os espectadores, como o dimensionamento e posicionamento de saídas, a inexistência de pessoas treinadas para conter o pânico e orientar o escape, etc., foram as causas da tragédia.

As pessoas morreram queimadas e pisoteadas. A saída foi obstruída pelos corpos amontoados.

O incêndio teve origens intencionais, criminosas. Seu autor foi julgado e condenado, e a tragédia teve repercussão internacional, com manifestações do Papa e auxilio dos EUA, que forneceram 300 metros quadrados de pele humana congelada para ser usada no tratamento das vítimas.

A cidade de Niterói só voltou a ver um novo circo quatorze anos depois da tragédia, em 1975.

Mais detalhes em http://www2.uol.com.br/JC/_2000/1604/cd1604m.htm.

3.4. INCÊNDIO NA INDÚSTRIA VOLKSWAGEN DO BRASIL

Até dezembro de 1970, nenhum grande incêndio em edificações havia impactado a abordagem que o Poder Público e especialmente as seguradoras faziam do problema no Brasil.

Era linguagem quase corrente que o padrão de construção - em alvenaria - aliado à ocupação litorânea de uma área com alta umidade relativa do ar, se não impediam, ao menos minimizavam, a possibilidade da ocorrência de grandes incêndios.

O incêndio na Ala 13 da montadora de automóveis Volkswagen, em São Bernardo do Campo, ocorrido em 18 de dezembro de 1970, consumindo um dos prédios da produção (Ala 13), com uma vítima fatal e com perda total dessa edificação, além de ser um grande exemplo de um novo tipo de conflagração - o ocorrido em uma só edificação -, apontou que a apregoada ausência de risco não passava de crença ingênua.

Efetuando-se uma única comparação, que reafirma o fato de não importarmos aprendizados e soluções, podemos destacar que em 12 de agosto de 1953, incendiaram-se as instalações da General Motors, em Livonia, Michigan, EUA. Pela incapacidade de penetrar nas instalações, totalmente tomadas pela fumaça, as perdas materiais foram totais. As perdas humanas contabilizaram quatro mortes e quinze pessoas seriamente feridas.

Após esse incêndio, iniciaram-se os estudos para a implantação de sistemas de controle de fumaça - ausentes nas instalações da Volkswagen - que somente começaram a ser realmente exigidos no Brasil a partir de 2001, na regulamentação do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Foto do incêndio do Edifício Andraus

3.5. INCÊNDIO NO EDIFÍCIO ANDRAUS

O primeiro grande incêndio em prédios elevados ocorreu em 24 de fevereiro de 1972, no edifício Andraus, na cidade de São Paulo. Tratava-se de um edifício comercial e de serviços (Loja Pirani e escritórios), situado na Avenida São João esquina com Rua Pedro Américo, com 31 andares, estrutura em concreto armado e acabamento em pele de vidro. Acredita-se que o fogo tenha começado

nos cartazes de publicidade das Casas Pirani, colocados sobre a marquise do prédio.

Do incêndio resultaram 352 vítimas, sendo 16 mortos e 336 feridos. Apesar de o edifício não possuir escada de segurança e a pele de vidro haver proporcionado uma fácil propagação vertical do incêndio pela fachada, mais pessoas não pereceram pela existência de instalações de um heliponto na cobertura, o que permitiu que as pessoas que para lá se deslocaram, permanecessem protegidas pela laje e pelos beirais desse equipamento.

Muitos dali foram retirados por helicópteros, apesar de a escada do edifício estar liberada para descida, as pessoas optaram por procurar abrigo no heliponto por temerem retornar ao interior do edifício.

Esse incêndio gerou Grupos de Trabalho (GTs), especialmente nos âmbitos da cidade e do Estado de São Paulo.

Com o passar do tempo, esses trabalhos foram perdendo o seu ímpeto inicial, e mesmo aqueles que conseguiram levar a termo suas tarefas, viram seus esforços caminharem para um processo de engavetamento dos estudos e proposições.

Estudou-se a reestruturação do corpo de bombeiros, criando-se Comandos de Corpo de Bombeiros dentro das Polícias Militares (PM), pois, até então, com exceção do corpo de bombeiros do Rio de Janeiro e de Brasília, todos eram orgânicos às PM .

A Prefeitura de São Paulo passou a estudar a reformulação de seu Código de Obras (oriundo de 1929, e atualizado em 1955).

E, como já citamos, apesar de muitos desses grupos haver concluído suas tarefas, indicando necessidades de reformulação quer na legislação quer no corpo de bombeiros (em especial de São Paulo), e sem que houvesse sido produzido ainda quaisquer efeitos, ocorre o segundo grande incêndio, o do Edifício Joelma.

3.6. INCÊNDIO NO EDIFÍCIO JOELMA

Esse edifício, também construído em concreto armado, com fachada tradicional (sem pele de vidro), situa-se na Avenida Nove de Julho, 22 (Praça da Bandeira), possuindo 23 andares de estacionamentos e escritórios. Ocorrido em 1º de fevereiro de 1974, gerou cento e setenta e nove mortos e trezentos e vinte feridos.

O edifício, assim como o Andraus, não possuía escada de segurança.

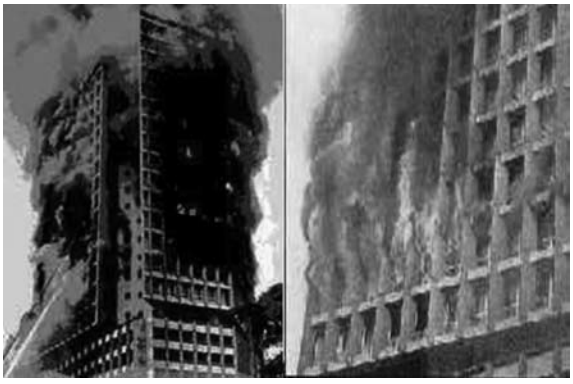
Nesse incêndio, como ocorrera no da Triangle Shirtwait Factory, pessoas se projetaram pela fachada do prédio, gerando imagens fortes e de grande comoção (a maior parte das pessoas que se projetou do telhado caiu em pátio interno, longe das vistas da população).

Muitos ocupantes do edifício pereceram no telhado, provavelmente buscando um escape semelhante ao que ocorrera no edifício Andraus.

Somado ao incêndio do edifício Andraus, pela semelhança dos acontecimentos e proximidade espacial e temporal, o incêndio causou grande impacto, dando início ao processo de reformulação das medidas de segurança contra incêndios.

Ainda durante o incêndio, o comandante do corpo de bombeiros da cidade de São Paulo, munido dos dados que embasavam os estudos da reorganização desse corpo de bombeiros, revela à imprensa as necessidades de aperfeiçoamento da organização.

Mostram-se, portanto, igualmente falhos e despreparados para esse tipo de evento, os poderes municipal e estadual. O primeiro por deficiências em sua legislação e por descuidar do corpo de bombeiros, pelo qual era responsável solidariamente com o Estado. O segundo pelas deficiências do corpo de bombeiros. Abaixo, foto do incêndio no Edifício Joelma.



Mais uma vez o aprendizado do exterior não chegara ao nosso país.

O que ocorreu a seguir parece um despertar, uma percepção de que os grandes incêndios, com vítimas, até então distantes, passam a serem entendidos como fatos reais, que nos atingem. E que exigem mudanças.

3.7. AS MOVIMENTAÇÕES IMEDIATAS

• As manifestações e a mudança na regulamentação

A Prefeitura Municipal de São Paulo, uma semana depois do incêndio no Edifício Joelma e dois anos após o incêndio no Edifício Andraus, edita o Decreto Municipal nº 10.878 que "institui normas especiais para a segurança dos edifícios a serem observadas na elaboração do projeto, na execução, bem como no equipamento e dispõe ainda sobre sua aplicação em caráter prioritário". É a primeira conseqüência. Logo após as regras estabelecidas nessa regulamentação, são incorporadas na Lei nº 8 266 de 1975, o novo Código de Edificações para o Município de São Paulo.

A primeira manifestação técnica ocorreu de 18 a 21 de março de 1974, quando o Clube de Engenharia do Rio de Janeiro realizou Simpósio de Segurança Contra Incêndio, buscando o desenvolvimento de três linhas mestras de raciocínio: 1. Como evitar incêndios; 2. Como combatê-los; 3. Como minimizar os efeitos. Apresentaram-se 13 especialistas, tendo as palestras sido transcritas na "Revista do Clube de Engenharia" (RJ) de maio/junho de 1974.

Em Brasília, na Câmara dos Deputados, a Comissão Especial de Poluição Ambiental, de 3 a 7 de julho de 1974, promoveu o Simpósio de Sistemas de Prevenção contra Incêndios em Edificações Urbanas. Ao final, foram apresentadas proposições, recomendações e solicitações.

O Instituto de Engenharia de São Paulo também produziu um relatório sobre o incêndio, indicando que havia sido seguidas as normas vigentes e que elas deveriam ser aperfeiçoadas.

Ainda em 1974, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio do Comitê Brasileiro da Construção Civil, publicou a NB 208 — Saídas de Emergência em Edifícios Altos.

Em 1975, o governador do Rio de Janeiro apresenta o Decreto-Lei nº 247, que dispõe sobre Segurança Contra Incêndio e Pânico naquele Estado, o qual foi regulamentado em 1976.

Também em 1975 (dezembro) ocorreu a reestruturação do Corpo de Bombeiros de São Paulo, quando se criou o Comando Estadual, enfatizando que sua principal missão é evitar incêndios, como recomenda a NFPA.

O Ministério do Trabalho editou a Norma Regulamentadora 23 (NR-23) - Proteção Contra Incêndios, em 1978, dispondo regras de proteção contra incêndio na relação empregador/empregado - embora isso não fosse conseqüência única desses incêndios, mas, sim, parte de uma reestruturação na segurança do trabalho.

Os fatos acima narrados permitem observar que as movimentações abrangem o meio técnico, com a realização de simpósios e elaboração de relatório, e o meio político, com ações nos Poderes Legislativo e Executivo.

• O nível da capacitação técnica na regulamentação imediata

Para que possamos perceber a capacitação técnica existente, a qual respondeu à vontade política decorrente em especial da última seqüência de incêndio (Andraus e Joelma), faz-se necessário analisar o conteúdo das regulamentações existentes e geradas, e as idéias debatidas nos seminários e no relatório do Instituto de Engenharia de São Paulo.

Conforme já destacamos acima, o principal regulador das edificações, ou seja, o Código de Obras, em especial o da cidade de São Paulo, sofreu uma intervenção imediata com a edição do Decreto nº 10.878, publicado em 8 de fevereiro de 1974.

Somados o conteúdo do Código de Obras e essa legislação, podemos dizer que se abrangia muitas das Medidas de Segurança Contra Incêndio, conforme descrito em 3.1 - Unificando a Linguagem, a partir de medidas preventivas, por conter descargas atmosféricas e limitar e afastar combustíveis; medidas de proteção, como estabilidade estrutural das rotas de escape (escadas), compartimentação horizontal e vertical, afastamentos e controles de material de acabamento, etc.. Passam a ser exigidos chuveiros automáticos em alguns casos. A mesma legislação determinou, com mais clareza do que o código anterior, medidas de combate a incêndio, como instalação de hidrantes, extintores, etc., ampliando a exigência de sistemas de alarme, iluminação de emergência e sinalização.

Avaliando os resultados das mudanças imediatas geradas, percebe-se que o principal causador das vítimas dos incêndios, ou seja, a existência de vias de escape inseguras, inadequadas, especialmente no caso dos prédios

elevados, é imediatamente atacado, com documentos que indicam como produzir essa via de escape de forma segura, principalmente no decreto supracitado e com a edição da NB 208/74 da ABNT, "Saídas de Emergência em Edifícios Altos", que posteriormente se transformou na NBR 9077.

• ***O nível de capacitação técnica nos seminários e no relatório do Instituto de Engenharia***

Três manifestações técnicas de destaque ocorreram após os incêndios: o Simpósio Brasileiro de Segurança Contra Incêndio em Edificações, organizado pelo Clube de Engenharia do Rio de Janeiro (Guanabara), em colaboração com a SOBES – Sociedade Brasileira de Engenharia de Segurança e a Câmara Brasileira da Construção Civil (março de 1974); o Simpósio de Sistemas de Prevenção Contra Incêndio em Instalações Urbanas, da Comissão Especial de Poluição Ambiental da Câmara dos Deputados (junho de 1974), e o Relatório do Instituto de Engenharia de São Paulo (1974).

Considerando essas manifestações como técnicas (se bem que um seminário na Câmara tenha ambos os aspectos, técnico e político), vamos nos deter em cada uma delas.

O simpósio do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro

O simpósio do Clube de Engenharia se desenvolveu com objetivos claros e predeterminados: buscar como evitar, como combater e como minimizar os efeitos dos incêndios. Contou com 13 palestras, que de forma resumida abordaram o seguinte:

• a problemática do combate a incêndio, a partir da necessidade de treinamento dos usuários, a presença de equipamentos próprios do prédio, como escadas, compartimentações, etc., até as características do combustível e propagação do fogo e o sistema público de resposta, nele se destacando o corpo de bombeiros e o hidrante público.

• a necessidade de se impedir construções, em especial de prédios elevados, em cidades desprovidas de infra-estrutura, como corpo de bombeiros, a importância do "partido arquitetônico" como definidor da capacidade de acesso do socorro público e os aspectos estruturais do edifício, em especial a resistência ao fogo das estruturas.

• a fiscalização das edificações, destacando-se os materiais de acabamento e o conteúdo das edificações (mobiliários, equipamentos, etc.).

• aspectos do urbanismo, em especial a localização da edificação no terreno e nas zonas, os problemas de circulação horizontal e vertical, a tendência de se construir espaços abertos para serem divididos por elementos (divisórias) combustíveis, a necessidade de provisão de locais de refúgio, de cuidados especiais com os elevadores, a necessidade de sistemas de iluminação para as saídas de emergência, de planos de emergência, de brigadas e de um manual do edifício.

• o plástico, como material cada vez mais difundido, e a problemática decorrente de sua presença cada vez maior nas edificações.

• as instalações elétricas, como fontes geradoras de calor e possíveis causadoras dos dois últimos grandes incêndios, abordando-se responsabilidades e deficiências de normas, materiais e instaladores.

• a composição do seguro-incêndio, com destaque para os fatores localização, ocupação e construção na sua determinação.

• o gás (GLP) com sua distribuição e armazenagem dentro dos fatores que contribuíram para o desenvolvimento de um incêndio e as práticas seguras a serem buscadas.

• a água, como principal agente de extinção de incêndio e em especial a rede de hidrantes públicos.

• os artigos têxteis e os agentes ignífugos, com destaque para os tratamentos retardantes de incêndio.

• o sistema brasileiro de normalização da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), seu funcionamento e a obrigatoriedade de sua aplicação, em especial pelos órgãos públicos.

• as ações passíveis de aplicação em edifícios existentes, como o controle dos combustíveis e dos materiais de acabamento, e a ênfase a ser dada aos locais de reunião de público.

• e, finalmente, como um exemplo a ser seguido, foi apresentado o "Edifício Petrobrás", sede da Empresa no Rio de Janeiro, um prédio elevado com saídas seguras, áreas de refúgio, estrutura resistente ao fogo, acabamento em materiais incombustíveis, sistema automático de combate a incêndio (sprinkler e CO_2), poço de elevador pressurizado, brigada de bombeiros profissionais, grande reserva de incêndio, etc..

O simpósio de Sistemas de Prevenção Contra Incêndio de Brasília

O simpósio de Sistemas de Prevenção Contra Incêndio em Instalações Urbanas, da Comissão Especial de Poluição Ambiental da Câmara dos Deputados, contou com a presença de trezentos e sessenta interessados, entre autoridades, bombeiros, engenheiros, arquitetos, técnicos e estudiosos do assunto.

Sua abertura foi efetuada pelo presidente da República que, ao receber os participantes, ressaltou a importância de sua realização "para a formulação de leis e medidas capazes de proporcionar maior segurança e bem-estar à coletividade".

Foram realizadas dez conferências, com os seguintes temas: Planejamento Urbano; O Desenvolvimento dos Seguros; Os Problemas do Corpo de Bombeiros nas Áreas Metropolitanas; Defesa Civil no Brasil; As Organizações e a Segurança Nacional; Problemas de Normalização; Os Problemas do Suprimento de Gás; O Bombeiro Militar em Face à Segurança Contra Incêndio; Arquitetura e Urbanismo e Desenvolvimento Urbano.

As Comissões de Estudo – Normas de Engenharia e Urbanismo, Segurança Pública, Instrumentos Sociais e Econômicos, Legislação Social e Segurança Social – estudaram e aprovaram dezenas de proposições, que foram encaminhadas ao plenário (do simpósio), o qual, após aprová-las, as encaminhou aos poderes interessados.

As conclusões, que podemos entender como um diagnóstico simplificado, e que resumimos abaixo, indicam:

• a necessidade de se garantir a segurança contra incêndio nas edificações urbanas.

• a premência de uma legislação adequada.

• a necessidade de se prover a engenharia e a arquitetura de melhor desempenho no planejar e implementar a segurança contra incêndio.

• a necessidade de educação preventiva.

• a insuficiência e desuniformidade das legislações e normas.

• o fato de o brasileiro estar despreparado para eventos de incêndio.

• a necessidade e utilidade de se criar uma regulamentação securitária que incentive a proteção contra incêndio.

As propostas, também resumidas, com as ações factíveis em especial na esfera federal, indicam:

• a criação de um Grupo de Coordenação Nacional de Prevenção Contra Incêndio para produzir um Código Nacional e regular as atividades do corpo de bombeiros dando-lhes poder de polícia para as atividades preventivas.

• a necessidade de uma política nacional que garanta recursos orçamentários ao corpo de bombeiros e condições para acompanhar o crescimento da população e os riscos.

• ao Ministério da Educação a criação de um programa de educação preventiva e a inclusão da matéria "Prevenção Contra Incêndio" nas faculdades de arquitetura e engenharia.

• ao Ministério da Indústria e Comércio a exacerbação dos custos dos seguros em função da inexistência de adequados sistemas de proteção.

• ao Ministério da Justiça a revisão da legislação de condomínios para adequar as obrigações do síndico às necessidades da segurança contra incêndio.

• ao Poder Executivo:

o o estímulo à criação de planos diretores que contemplem classificação dos edifícios sob o aspecto segurança com maior desenvolvimento à fiscalização técnica.

o que pelos seus órgãos e pela ABNT se tome medidas de normalização, providenciando:

• consolidação e atualização da normalização, inclusive a fiscalização técnica e o uso de marca de conformidade.

• códigos de edificações com exigência de atuação de profissionais legalmente habilitados.

• comercialização de materiais sujeitos à aprovação prévia por órgãos competentes.

As recomendações, resumidamente, indicam:

• a necessidade de maior entrosamento entre os órgãos públicos e poderes públicos.

• a difusão da prevenção contra incêndio pela imprensa.

• o incentivo às invenções de equipamentos que permitam salvamento em edificações existentes.

• que a Superintendência de Seguros Privados (SUSEP) obrigue a existência de engenheiros de segurança

nas edificações e riscos segurados, cabendo a eles a incumbência de informar à municipalidade sobre a existência de grandes riscos.

• que as companhias seguradoras sejam obrigadas a informar às municipalidades da existência de riscos a partir de certos valores.

• às prefeituras um adequado controle de obras e edificações, incluindo cassações de Habite-se, bem como diversos outros cuidados, em especial para com os prédios com mais de quatro pavimentos e os sujeitos a grande concentração de público.

• que as concessionárias de energia elétrica também informem às municipalidades em caso de grandes alterações de consumo de energia.

• que o Executivo, por meio de um Instituto Nacional de Tecnologia (INT) melhor equipado e do corpo de bombeiros, implante e amplie a pesquisa na área de segurança contra incêndio, bem como sejam incluídos, nos códigos de edificações, dispositivos que garantam a existência de eficientes redes de hidrantes públicos.

• que a ABNT e o Instituto de Resseguros do Brasil (IRB) se dediquem a verificar a problemática dos edifícios existentes, destacando-se em especial o aviso de incêndio, o material de acabamento, o abandono e o sistema de distribuição de energia.

• que o Conselho Nacional do Petróleo revise as normas que disciplinam a estocagem de botijões e distribuição de gás.

Finalmente é solicitado:

• que o Legislativo gere dispositivos que possibilitem a punição das autoridades que permitem a existência de prédios inseguros.

• que os prefeitos, em casos de insegurança, possuam legislação que lhes permita cassar o Habite-se.

• que o Ministério do Interior crie linhas de financiamento para a implantação de medidas de segurança contra incêndio.

• que houvesse o encaminhamento, na íntegra, de diversas palestras e propostas apresentadas no seminário às áreas competentes.

O relatório do Instituto de Engenharia de São Paulo

O relatório do Instituto de Engenharia de São Paulo sobre o incêndio no edifício Joelma destaca, inicialmente, que o projeto da edificação estava de acordo com o Código de Obras da Cidade, a regulamentação do corpo de bombeiros e as diretrizes da concessionária de energia elétrica. Indica que o usuário introduziu grande potencial térmico e não se valeu do projeto e instalações existentes de energia elétrica, dentre outras.

Recomenda a incorporação das normas da ABNT à regulamentação, em especial a NB-3, sobre instalações elétricas e a NB- 208 supracitada.

Indica que as autoridades busquem as entidades antes de baixar regulamentações e normas, que o Instituto de Resseguros do Brasil invista em pesquisa, e indica, ainda, diversas providências em sua maioria ligadas à energia elétrica, ao corpo de bombeiros, ao sistema de abastecimento de água e ao treinamento dos usuários dos edifícios.

• ***Na regulamentação mediata***

O Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (RJ)

Tomando-se outro exemplo de regulamentação, pode-se verificar que a do Estado do Rio de Janeiro, contida em seu Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (Decreto-Lei nº 247/75 e Decreto nº 897/76), e ainda vigente (com alterações atualizadas), apresenta grande abrangência e detalhamento, atingindo quase todas as medidas de segurança contra incêndio até hoje conhecidas, se bem que algumas de difícil aplicação na época pela ausência de regulamentação auxiliar, em especial de normas da ABNT.

Podemos encontrar nessa legislação desde medidas preventivas, como o controle do calor, pela proibição da prática de fumo em alguns locais, da eletricidade (inclusive estática e de descargas atmosféricas), exigindo sistemas elétricos à prova de explosão em alguns casos, do combustível, em especial de sua quantidade e armazena-

mento (com destaque para os combustíveis líquidos, gasosos e os presentes em locais de reunião de público).

Dentre as medidas de proteção, estão previstos afastamentos, estabilidade estrutural em situação de incêndio, inclusive com proteção a estruturas metálicas, compartimentações, por paredes e portas corta-fogo, sistemas de chuveiros automáticos, em especial em prédios elevados, controle de materiais de acabamento, principalmente em locais de reunião de público, sistemas de controle de fumaça (que deveriam ser executados segundo normas da ABNT), etc..

As medidas de combate a incêndio dessa regulamentação abrangem os já comuns extintores e sistema de hidrantes, os sistemas de detecção e alarme, reserva de água, destacando-se, além da reserva da edificação, a obrigatoriedade de hidrantes públicos, e obrigando a presença de equipes profissionais em locais de reunião de público (equipes treinadas).

Os meios de escape são tratados com detalhamentos de largura, proteções, etc., sendo prevista a exigência de sistemas de iluminação de emergência, de sinalização (equipamentos e saídas), com obrigação de presença de equipes do corpo de bombeiros nos locais de espetáculo (teatros, circos, etc.). Apresenta-se com clareza parâmetros para lotação dos locais de reunião de público.

Há também toda uma provisão de manutenção de sistemas, abrangendo-se assim medidas de gerenciamento dos sistemas implantados.

São reguladas, com detalhamento específico, as medidas de proteção de algumas ocupações, como helipontos, locais que comercializem fogos de artifício, depósitos de munição, etc..

A Norma Regulamentadora 23

Essa norma, editada em 1978, obrigatória nos locais em que haja relação trabalhista regida pela Consolidação das Leis do Trabalho, obriga que esses locais possuam: proteção contra incêndio, saídas, equipamentos para resposta a incêndios e pessoas adestradas para uso desses equipamentos.

Em seu detalhamento, determina largura de saídas, portas, escadas, etc., bem como sistemas de hidrantes, extintores e alarme, mais a realização de exercícios de alerta.

3.8. ANALISANDO AS MANIFESTAÇÕES E AS LEGISLAÇÕES E REFORMULAÇÕES GERADAS

Uma análise sem aprofundamento do conteúdo das manifestações e legislações acima citadas nos permite indicar o estado da arte da Segurança Contra incêndio no Brasil naquele momento, ou seja, a capacitação técnica existente.

Detendo-nos nas treze palestras do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, percebe-se a existência de profissionais capazes e que, em seu conjunto, conseguem analisar e apontar caminhos para quase todos os aspectos da Segurança Contra Incêndio citados no item Unificando a linguagem.

O mesmo acontece com as manifestações do simpósio de Brasília (Câmara dos Deputados) e o relatório do Instituto de Engenharia de São Paulo.

Parece-nos que, após tantos anos, tenha ocorrido excessiva ênfase no destaque para os problemas gerados pela eletricidade, talvez pela percepção de ter sido a iniciadora dos grandes incêndios. Essa e outras proposições, como o incentivo a invenções de equipamentos de salvamento para prédios existentes, surgem agora como um pouco exageradas. Sem dúvida responderam a sentimentos e preocupações da época.

Grande parte do proposto, inclusive nas legislações acima citadas, somente se implantou bem mais tarde, com a produção das normas da ABNT que permitiram difundir a tecnologia necessária para sua consecução. São da década de 80 as normas sobre alarme e detecção, iluminação de emergência e outras, e muito do imediatamente proposto permaneceu letra morta, ou quase, por mais algum tempo.

Percebemos também, analisadas as legislações implantadas, ou seja, os códigos do Estado do Rio de Janeiro, o da cidade de São Paulo, e a NR-23, em que, além da diferença de modelo, há medidas de segurança contra incêndios ausentes em um e presentes em outro, e vice-versa, o que atesta a falta de comunicação entre os órgãos públicos, e mantém a tão prejudicial desuniformidade das exigências.

3.9. O APRENDIZADO SEDIMENTADO E AS LACUNAS AINDA PRESENTES

1. Na organização e administração do corpo de bombeiros

Logo após o incêndio do edifício Andraus, o então Ministério do Exército, por meio de sua Inspetoria Geral das Polícias Militares (IGPM), produziu as Normas de Orientação para a Organização das Polícias Militares e dos Corpos de Bombeiros Militares, determinando que o corpo de bombeiros, inseridos nas Polícias Militares (PPMM), fossem organizados em comandos e quadros de pessoal próprios. Os comandos próprios foram criados em todo o Brasil e, a partir da Constituição Federal de 1988, essas organizações iniciaram o movimento de desvinculação das PPMM, afastando-se de uma estrutura ligada ao Sistema de Persecução Penal, do qual não fazem parte. Até então, os únicos corpo de bombeiros desvinculados eram os do Rio de Janeiro e do Distrito Federal.

Essa tendência está por se completar, restando somente cinco corpo de bombeiros ainda vinculados às PM - dos quais um possui quadro de pessoal próprio implantado (Paraná) e outro previsto na Constituição Estadual, mas não implantado (São Paulo).

2. Na regulamentação

A Prefeitura de São Paulo editou seu Código de Obras em 1975 (já citado) e avançou nas Medidas de Proteção Contra Incêndio em seu novo Código, de 1992.

As regulamentações estaduais, iniciadas com o código do Rio de Janeiro, cresceram juntamente com a efetivação da autonomia do corpo de bombeiros nos Estados.

Em São Paulo, palco das últimas tragédias desencadeadoras do processo evolutivo, uma legislação estadual somente ocorreu em 1983 (Decreto nº 20.811/83), sete anos após o Rio de Janeiro e quase nove anos após o incêndio do edifício Joelma.

A regulamentação de São Paulo ainda foi precedida por mais um incêndio em prédio elevado, ocorrido em 14 de fevereiro de 1981, no Edifício Grande Avenida, prédio esse localizado na Avenida Paulista, e que deixou saldo de dezessete mortos, apesar de esse mesmo edifício haver passado por adaptações decorrentes de incêndio anterior.

Foto do incêndio no Edifício Grande Avenida

O Decreto nº 20.811, de 11 de março de 1983, indica exigências de abrangência estadual de proteção contra incêndio quanto a saídas, compartimentação horizontal e vertical, mais sistemas de chuveiros automáticos, alarme/detecção, iluminação de emergência, etc.

Essas exigências, ainda em 1983, careciam de suporte em normas da ABNT, como já dissemos, pela inexistência de normas para alarme, iluminação de emergência, chuveiros automáticos, etc..

A regulamentação de São Paulo foi atualizada em 1993 (Decreto nº 38.069/93) e novamente, com grande crescimento técnico e sob um novo modelo, em 2001 (Decreto nº 46.076/2001).

Num resumo crítico limitado ao que ocorreu em São Paulo, palco das tragédias, podemos observar que apesar de constar na Constituição desse Estado (1989) a Lei Complementar "Código Estadual de Proteção Contra Incêndio e Emergências", e existir projeto na Assembléia Paulista desde 1993, (PLC 68/93), o Estado ainda não possui seu Código Estadual de Proteção Contra Incêndios e Emergências. Outros Estados brasileiros o possuem, como o já citado Rio de Janeiro, mais Goiás, Alagoas, Ceará, Minas Gerais, Rondônia, etc.. E não há o equacionamento, em especial para a cidade de São Paulo, do abastecimento de água para incêndio, por meio de hidrantes públicos, como ocorre no Rio de Janeiro, por exemplo.

Podemos hoje indicar que se as proposições apresentadas após as tragédias citadas não se efetivaram em sua totalidade, estão caminhando para tal.

E como a regulamentação difere entre os Estados e cidades brasileiras, aferir o quanto evoluiu em cada local em particular não será tarefa deste trabalho. Há porém evoluções a serem buscadas.

4. Os Incêndios ainda podem nos ensinar

Ocorridos em países vizinhos - e recentemente -, dois incêndios merecem ser destacados, para que meditemos se algo semelhante pode acontecer no Brasil e, caso concluamos que sim, pensemos nas providências

necessárias para evitá-los.

Parece-nos possível, nos dias de hoje, em que as informações estão disponíveis pela rede mundial de computadores, que não seja necessária a ocorrência de tragédias em nosso próprio País para que possamos aprender e tomar providências.

Foto do incêndio Ycua Bolaños

4.1. YCUA BOLAÑOS

Em 1º de agosto de 2004 , na cidade de Assunção, no Paraguai, pegou fogo um supermercado da rede Ycua Bolaños. Eram 11:30 horas e encontravam-se no interior da edificação aproximadamente novecentas pessoas.

Do incêndio resultaram aproximadamente trezentos e cinqüenta mortos, setenta pessoas desaparecidas e aproximadamente trezentos feridos.

Materialmente a rede varejista perdeu toda a área do supermercado, com seis mil metros quadrados, e seu conteúdo.

Testemunhas afirmam que portas do supermercado foram cerradas logo após o início do incêndio, aparentemente para se evitar furtos. Sem a menor dúvida, parte das saídas que se abria para o estacionamento de veículos, encontrava-se fechada quando da chegada do corpo de bombeiros.

O incêndio atingiu temperaturas de cremação (aproximadamente 1.000° C). Iniciou-se sobre o forro, abaixo do teto, provavelmente pelo acúmulo de gordura e outros combustíveis nessa área. Tais combustíveis foram aquecidos pelo contato com o calor do duto de exaustão.

A queima lenta sobre o teto acelerou-se quando ele faliu, provocando uma rápida expansão do fogo pelo acesso ao oxigênio do ar. Dados e informações sobre o incêndio podem ser encontrados em http://www.contraincendioonline.com/bolanos.php3.

4.2. CROMAGNON

Em 30 de dezembro de 2004, em Buenos Aires, um incêndio no Boliche República Cromagnon deixou cento e setenta e cinco mortos, com setecentos e quatorze feridos, cento e dois deles em estado grave.

No local encontravam-se aproximadamente três mil pessoas. Indica-se como causa do incêndio o uso de fogo de artifício no interior da edificação, o qual teria inflamado o material de acabamento do teto.

Houve problemas com as rotas de fuga - quatro, das seis portas de saída, apresentavam alguma forma de bloqueio para evitar acesso gratuito de pessoas.

A maioria das vítimas teve problemas por inalação de fumaça e gases aquecidos, com queimaduras nas vias aéreas.

Dados, informações e vídeos sobre o que se passou no local podem ser encontrados no endereço: http://www.quenoserepita.com.ar/.

4.3. OS ENSINAMENTOS QUE PODEMOS ADQUIRIR

Os incêndios acima citados foram escolhidos por serem recentes, haver ocorrido em países vizinhos e, especialmente, por haver atingido locais de reunião de público, nos quais a possibilidade de ocorrer vítimas ser potencialmente elevada.

Foram aqui inseridos para questionar se entendemos que tragédias semelhantes poderiam ocorrer em nosso país, se analisamos e aproveitamos os ensinamentos dessas tragédias, se acreditamos poder encontrar locais e situações semelhantes em nossas cidades.

Entendemos que para os locais de reunião de público ainda não temos um controle efetivo das lotações, não fornecemos adequada informação a seus freqüentadores, para que eles possam sair em segurança e denunciar abusos, nem cuidamos adequadamente dos materiais de acabamento.

Esses incêndios apontam para uma medida de proteção contra incêndio essencial para essa ocupação, que falhou em ambos: o gerenciamento.

Nos dois exemplos citados, os meios de escape existiam e estavam aparentemente bem dimensionados. Não foram utilizados em sua plenitude por ter sido fechados ou estar obstruídos.

E, finalmente, outro destaque que entendemos essencial deixar registrado, diz respeito à ausência de dados e ensinamentos retirados de nossos incêndios, os ocorridos no Brasil.

Parca é a informação disponibilizada ao público, pelo corpo de bombeiros em especial, sobre as causas deste ou daquele incêndio, com ou sem vítima, os mecanismos de propagação, etc.. Essas experiências, que ocorrem diariamente, infelizmente ainda se perdem pela ausência de sistemática investigação e divulgação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• BOMBEIROS EMERGÊNCIA. *Incêndio do Edifício Joelma.* Disponível em http://www.bombeirosemergencia.com.br/joelma.htm, consultado em 19 de junho de 2007.

• BRASIL, Constituição da República Federativa do Brasil, de 5 de Outubro de 1988. São Paulo: IMESP, 1990.

• BRASIL, Norma Regulamentadora 23. *Segurança e Medicina do Trabalho. Proteção Contra Incêndios.* São Paulo, Atlas, 30ª ed., 1996.

• CHICAGO PUBLIC LIBRARY. *Deaths, Disturbances, Disasters and Disorders in Chicago.* Disponível em http://www.chipublib.org/004chicago/disasters/iroquois_fire.html, visitado em 12 de junho de 2007.

• CORNELL UNIVERSITY IRL SCHOOL. *The Triangle Factory Fire.* Disponível em http://www.ilr.cornell.edu/trianglefire, visitado em 15 de junho de 2007.

• CORPO DE BOMBEIRO MILITAR DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Sítio Eletrônico. Disponível em http://www.cbmerj.rj.gov.br, visitado em 18 de junho de 2007.

• CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. *Anteprojeto da Organização do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. S*ão Paulo: 1974.

• DEAD OHIO. *Stories and other submissions - Collinwood School.* Disponível em http://www.deadohio.com/collinwood.htm, visitado em 13 de junho de 2007.

• EDITORA MANUAIS TÉCNICOS DE SEGURO. *Manual Seguro e Proteção Contra Incêndio.* São Paulo: 1975.

• FOLHA DE SÃO PAULO - BANCO DE DADOS FOLHA. *A salvação veio dos céus.* Disponível em http://almanaque.folha.uol.com.br/cotidiano_25fev1972.htm, consultado em 10 de junho de 2007.

• INSTITUTO DE RESSEGUROS DO BRASIL. Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil. Instituto de Resseguros do Brasil. 25ª ed. Rio de Janeiro: 1997.

• JORNAL DO CLUBE DE ENGENHARIA DO RIO DE JANEIRO. *Prevenção Contra Incêndios - Conferências.* Rio de Janeiro: Junho de 1974.

• JORNAL DO COMÉRCIO DE RECIFE. *Incêndio em circo matou 250 pessoas no Rio de Janeiro.* JC OnLine: http://www2.uol.com.br/JC/_2000/1604/cd1604m.htm, visitado em 10 de junho de 2007.

• MALHOTRA, H. L. *Fire Safety in Buildings.* Brie Building Research Establishment, Department of the Environment. London:1986.

• MALHOTRA, H. L. *Proposed code for fire safety in buildings for the State of Sao Paulo.* Technical Report. Agniconsult. Radlett: UK. 1993.

• MCKINNON, G. P. Appendix C, *What Time Has Crystallized into Good Practice: The Fire Protection Handbook from 1896 to 2003*. Handbook Fire Protection. 19ª Edition. Boston: EUA, 2003.

• NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Handbook Fire Protection.* 19ª Edition. Boston: EUA, 2003.

• NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Sitio Eletrônico. Disponível em http://www.nfpa.org/internacional/português, visitado em 12 de junho de 2007.

• NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Life Safety Code.* NFPA 101/97 The Building Regulations, 1997 Edition. Means of Escape. Boston: EUA, 1997.

• CLUBE DE ENGENHARIA DO RIO DE JANEIRO. Revista do Clube de Engenharia do Rio de Janeiro, maio/junho, no 394 – Segurança Contra Incêndios. Rio de Janeiro: 1974.

• RIO DE JANEIRO (Estado), Decreto nº 897 de 21 de setembro de 1976. Regulamenta o Decreto-lei no 247, de 21-7-75, que dispõe sobre segurança contra incêndio e pânico. Diário Oficial. (Estado) 22 de setembro de 1976.

• RIO DE JANEIRO (Estado), Decreto-Lei 247 de 21 de julho de 1975. Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico. Diário Oficial. (Estado) 22 de julho de 1975.

• SÃO PAULO [Cidade], Decreto Municipal no 10878 de 08 de fevereiro de 1974 que "Institui normas especiais para a segurança dos edifícios a serem observadas na elaboração do projeto na execução bem como no equipamento e dispõe ainda sobre sua aplicação em caráter prioritário". São Paulo: Diário Oficial [Município], 09 de fevereiro de 1974.

• SÃO PAULO [Estado], Decreto Estadual nº 20.811, de 11 de março de 1983. "Aprova Especificações para Instalações de Proteção contra Incêndio, para o fim que especifica". São Paulo: Diário Oficial [Estado], 15 de março de 1983.

• SÃO PAULO {Estado}, Decreto Estadual nº 38.069/93, de 15 de dezembro de 1993. "Aprova Especificações para Instalações de Proteção contra Incêndio e dá providências corretivas". São Paulo: Diário Oficial [Estado], no 233, 15 de dezembro de 1993.

• SÃO PAULO [Estado], Constituição do Estado de São Paulo, de 05 de outubro de 1989. São Paulo: Diário Oficial [Estado], nº 135, 06 de outubro de 1989.

• SÃO PAULO [Estado], Projeto de Lei Complementar 68/93 (PLC 68/93), de 11 de março de 1993. Código Estadual de Proteção Contra Incêndios e Emergências. São Paulo: Diário Oficial [Estado], 15 de outubro de 1993.

• UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, Parecer da Universidade de São Paulo sobre a Emancipação do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. São Paulo, 2000.

• WIKIPEDIA, Opera House. Disponível em http://en.wikipedia.org/wiki/RhoadsOpera_House, visitado em 13 de junho de 2007.

IV
FUNDAMENTOS DE FOGO E INCÊNDIO

Dr. Alexandre Itiu Seito

GSI/NUTAU/USP
Grupo de Pesquisas em Segurança contra Incêndio / Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo / Universidade de São Paulo

1. Tecnologia do fogo

1.1. GERAL

O estudo do fogo como ciência tem pouco mais de vinte anos, com a criação de uma associação internacional que reuniu cientistas dos maiores institutos e universidades do mundo. A IAFSS – International Association for Fire Safety Science realiza seminários a cada dois anos em diferentes países. A representante do Brasil é a Dra. Rosaria Ono da FAUUSP – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

1.2. DEFINIÇÃO DE FOGO

Apesar dos grandes avanços na ciência do fogo, ainda não há consenso mundial para definir o fogo. Isso é percebido pelas definições usadas nas normas de vários países. Tem-se assim:

a) Brasil - NBR 13860: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor e luz.

b) Estados Unidos da América - (NFPA): fogo é a oxidação rápida auto-sustentada acompanhada de evolução variada da intensidade de calor e de luz.

c) Internacional - ISO 8421-1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado de fumaça, chama ou ambos.

d) Inglaterra - BS 4422:Part 1: fogo é o processo de combustão caracterizado pela emissão de calor acompanhado por fumaça, chama ou ambos.

Nota: ISO 8421-1 Combustão – reação exotérmica de uma substância combustível com um oxidante usualmente acompanhada por chamas e ou abrasamento e ou emissão de fumaça.

1.3. REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DO FOGO

Inicialmente foi criada a teoria conhecida como Triângulo do Fogo que explicava os meios de extinção do fogo pela retirada do combustível, do comburente ou do calor.

Assim, a interpretação desta figura geométrica plana é: os três elementos que compõem cada lado do triângulo - combustível, comburente e calor - devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

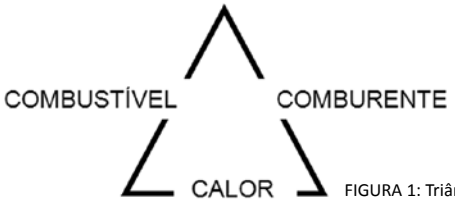


FIGURA 1: Triângulo do fogo

Com a descoberta do agente extintor “halon”, foi necessário mudar a teoria, a qual atualmente é conhecida como Tetraedro do Fogo (Figura 2). A interpretação desta figura geométrica espacial é: cada uma das quatro faces representa um elemento do fogo - combustível, comburente, calor e reação em cadeia - e devem coexistir ligados para que o fogo se mantenha.

Nota: O “halon” ou “CFC” não está sendo utilizado no combate a incêndio.

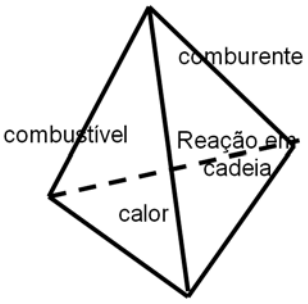


FIGURA 2: Tetraedro do fogo

O fogo para ser iniciado e se manter no material combustível sofre influência de vários fatores tais como: estado da matéria (sólido, líquido ou gás), massa específica, superfície específica, calor específico, calor latente de evaporação, ponto de fulgor, ponto de ignição, mistura inflamável (explosiva), quantidade de calor, composição química, quantidade de oxigênio disponível, umidade, etc..

As diferenças do comportamento dos materiais combustíveis na ignição e na manutenção do fogo podem ser explicadas por meio desses fatores.

1.4. COMBUSTÃO

Uma vez iniciado o fogo deve-se levar em conta o mecanismo de transmissão da energia, ou seja, condução do calor, convecção do calor e radiação de energia.

Cada modo de transmissão da energia irá influenciar na manutenção e no crescimento do fogo.

A Figura 3 permite visualizar a influência do mecanismo de transmissão da energia.

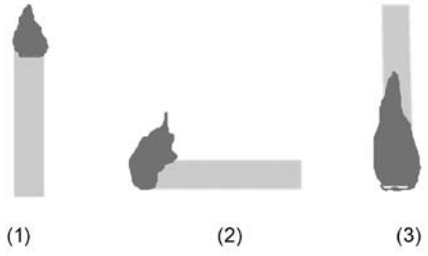


FIGURA 3: Influência da condução, convecção e radiação na combustão

Em **(1)** a condução do calor é preponderante, a radiação de energia contribui e a convecção praticamente não contribui.

Em **(2)** a radiação de energia e a condução do calor são preponderantes, a convecção do calor participa pouco.

Em **(3)** a condução do calor, convecção do calor e a radiação de energia contribuem proporcionalmente.

Considerando que o combustível é o mesmo, o tempo de queima é diferente nesses três casos e o tamanho das chamas é diferente para o mesmo tempo de queima.

Condução do calor é o mecanismo onde a energia (calor) é transmitida por meio do material sólido.

Convecção do calor é o mecanismo no qual a energia (calor) se transmite pela movimentação do meio fluído aquecido (líquido ou gás).

Radiação de energia é o mecanismo no qual a energia se transmite por ondas eletromagnéticas.

1.5. MECANISMO DE IGNIÇÃO DOS MATERIAIS COMBUSTÍVEIS

Os combustíveis sólido, líquido e gasoso possuem mecanismos diferentes na ignição que podem ser visualizados pelos esquemas abaixo:

1.5.1. COMBUSTÍVEL SÓLIDO

Quando exposto a um determinado nível de energia (calor ou radiação) sofre um processo de decomposição térmica, denominado pirólise, e desenvolvem produtos gasosos (gás e vapor), que, com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

Figura 4: Mecanismo de ignição do combustível sólido

Caso o nível de energia incidente sobre o sólido for suficiente para manter a razão da pirólise para formar a mistura inflamável, haverá a continuidade da combustão.

A continuidade da combustão ocorre, na maioria dos casos, pelo calor da própria chama do material em combustão.

Pós de material orgânico e de alguns metais estão sujeitos à combustão instantânea ou explosão, quando em suspensão no ar, portanto seu mecanismo não é a pirólise.

Os materiais pirofóricos, que são sólidos, não acompanham o mecanismo apresentado.

Os materiais pirofóricos conhecidos são: magnésio (Mg), alumínio (Al), urânio (U), sódio (Na), potássio (K), lítio (Li), zircônio (Zr), cálcio (Ca), titânio (Ti)

Nota: Consultar a NFPA Handbook.

1.5.2. COMBUSTÍVEL LÍQUIDO

Quando exposto a um determinado grau de calor, não sofre decomposição térmica, mas, sim, o fenômeno físico denominado evaporação, que é a liberação dos vapores, os quais, em contato com o oxigênio do ar, forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva). Essa mistura na presença de uma fonte de energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

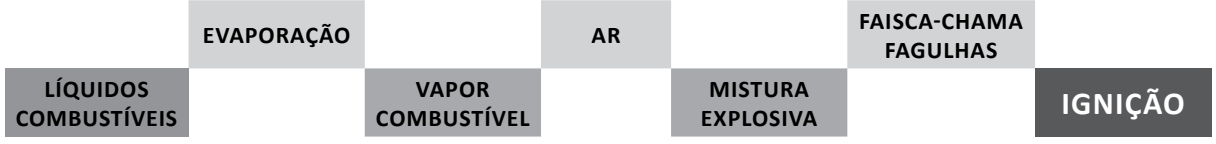


Figura 5: Mecanismo de ignição do combustível líquido

A queima terá continuidade caso o líquido atinja a sua temperatura de combustão.

Os combustíveis líquidos são na sua maioria derivados de petróleo, que são denominados hidrocarboneto.

As substâncias oleígenas retiradas de plantas e gorduras animais têm mecanismo semelhante, na ignição, aos derivados de petróleo.

A taxa de evaporação dos líquidos é diretamente proporcional ao seu aquecimento, sendo uma propriedade intrínseca do líquido. Nos líquidos inflamáveis ou combustíveis, essa propriedade permite determinar os seus ponto de fulgor e ponto de combustão.

1.5.3. COMBUSTÍVEL GASOSO

Assim considerado quando se apresenta em forma de gás ou vapor na temperatura do ambiente.

Esse combustível em contato com o oxigênio do ar forma a mistura inflamável (ou mistura explosiva), que na presença de uma energia ativante (faísca, chama, centelha) se inflama.

Figura 6: Mecanismo de ignição do combustível gasoso

Os combustíveis gasosos são, na maioria, as frações mais leves do petróleo.

Outros gases combustíveis mais conhecidos que não derivam do petróleo são: hidrogênio, o monóxido de carbono, amônia, dissulfeto de carbono.

1.6. MISTURA INFLAMÁVEL

A mistura inflamável (ou explosiva) só poderá ser assim considerada quando o gás estiver misturado com o oxigênio do ar dentro de determinadas proporções, em volume.

A máxima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva é denominado limite superior de explosividade, identificada pela sigla - LSE. A mínima proporção de gás, vapor ou pó no ar que torna a mistura explosiva é denominado limite inferior de explosividade, identificada pela sigla - LIE.

Existe, portanto, uma faixa limitada pelo LIE e LSE na qual ocorre a ignição da mistura.

Alguns exemplos de gases e vapores de líquidos com seus respectivos limites de inflamabilidade.

Tabela 1 - Mistura explosiva de alguns gases e líquidos

SUBSTÂNCIA	LIE (% EM VOLUME)	LSE (% EM VOLUME)
Acetona - $CH_3CO\ CH_3$	2,6	12,8
Acetonitrila - $CH_3\ CN$	4,4	16,0
Benzeno - $C_6\ H_6$	1,3	7,1
Butano - $C_4\ H_{10}$	1,9	8,5
Dissulfeto de carbono - $C\ S_2$	1,3	50,0
Monóxido de carbono - CO	12,5	74,0
Ciclo hexano - $C_6\ H_{12}$	1,3	8,0
Etano - $C_2\ H_6$	3,0	12,5
Etanol - $C_2\ H_5\ OH$	3,3	19,0
Éter - $(C_2\ H_5)_2\ O$	1,1	5,9
Gás natural	3,8	13,0
Gasolina	1,4	7,6
Metano - $C\ H_3$	5,0	15,0
Metanol - $C\ H_2\ OH$	6,7	36,0
Nafta	0,9	6,0
Pentano - $C_5\ H_{12}$	1,5	7,8
Propano - $C_3\ H_8$	2,2	9,5
Querosene	0,7	5,0
Toluene $C_6\ H_5\ CH_3$	1,2	7,1

1.7. PONTO DE FULGOR E PONTO DE COMBUSTÃO DOS LÍQUIDOS

Os líquidos combustíveis estão associados ao maior risco de incêndio.

Os líquidos são classificados em inflamáveis e combustíveis em função das suas propriedades de evaporação. Essa propriedade permite determinar o ponto de fulgor e o ponto de combustão.

Ponto de fulgor: *"a menor temperatura em que ocorre um lampejo, provocado pela inflamação dos vapores da amostra, pela passagem de uma chama piloto."*, ou ainda, *"a menor temperatura em que a aplicação da chama piloto produz um lampejo provocado pela inflamação dos vapores desprendidos pela amostra."*

Outra propriedade dos combustíveis líquidos é o ponto de combustão: *"a temperatura em que a amostra, após inflamar-se pela passagem da chama piloto, continua a queimar por cinco segundos, no mínimo"*.

Nota: A Tabela 2-10.4 do SFPE Handbook - 2ª edição, traz o ponto de fulgor, ponto de ignição ou combustão e limites de misturas explosivas de dezenas de líquidos.

1.8. GASES COMBUSTÍVEIS

Os gases combustíveis, quando misturados com o oxigênio do ar, formam a mistura explosiva, que na presença de uma energia ativante entra em combustão instantânea, ou seja, explosão.

Os gases desenvolvidos pelos combustíveis sólidos e líquidos formam as chamas que são visíveis. As formas das chamas sugerem a zona de formação da mistura explosiva dos gases/vapores que se depreendem desses combustíveis.

1.9. DINÂMICA DO FOGO

1.9.1. PROCESSO DA COMBUSTÃO

O trabalho de Drysdale D. se baseia na teoria dos gases para desenvolver o estudo do fogo e apresenta as equações do desenvolvimento do fogo e do comportamento dos produtos da combustão.

Baseados nesse trabalho serão desenvolvidos os temas:

- razão de queima e de desenvolvimento de calor.
- leis dos gases ideais.
- pressão de vapor dos líquidos.

1.9.2. RAZÃO DE QUEIMA E DE DESENVOLVIMENTO DE CALOR

O consumo do material na combustão está diretamente relacionado à diferença entre o calor fornecido pela chama e a perda de calor na superfície do material em combustão e inversamente proporcional ao calor necessário para decompor o material em voláteis. Assim, a razão de queima do material combustível é expressa por:

$$\dot{m}'' = \frac{\dot{Q}''_F - \dot{Q}''_L}{L_V}$$

onde:

$\dot{m}''$ = razão de queima do material (g/m^2 s)

$\dot{Q}''_F$ = fluxo de calor fornecido pela chama (kW/m^2)

$\dot{Q}''_L$ = fluxo de perda de calor na superfície do combustível (kW/m^2)

L_V = calor necessário para produzir os voláteis (kJ/g), (para os líquidos é simplesmente o calor latente de evaporação).

O fluxo de calor pode, por sua vez, ser considerado como a razão de energia desenvolvida dentro da chama e o mecanismo da transferência de calor envolvido.

A razão do desenvolvimento de calor na combustão do material é dada por:

$$\dot{Q}''_C = \chi \dot{m}'' A_f \Delta H_c$$

onde:
$\dot{Q}''_C$ = razão de desenvolvimento de calor do material (kW)
$\dot{m}''$ = razão de queima (g/m^2 s)
A_f = área da superfície do combustível (m^2)
ΔH_c = calor de combustão dos voláteis (kJ/g)
χ = fator (<1,0) devido à combustão incompleta

Existem mais fatores que contribuem conjuntamente no valor de $\dot{Q}''_C$, incluindo propriedades relativas não somente do material (L_v e ΔH_c), mas também do processo de combustão interno à chama.

O conhecimento detalhado da transferência do calor é pré-requisito para qualquer estudo do fenômeno do fogo.

1.9.3. LEI DOS GASES IDEAIS

A importância do estudo da fase gasosa do fogo está baseada no mecanismo de ignição dos materiais combustíveis e no processo de alastramento do incêndio.

O fogo desenvolve calor, que causa mudança substancial na temperatura ao seu redor como resultado da transferência do calor das chamas e dos gases da combustão formados a altas temperaturas.

A maioria dos produtos é gasosa e seu comportamento pode ser interpretado usando-se a lei dos gases ideais.

$$PV = nRT$$

onde:
P = pressão
V = volume
n = número de moles
R = constante dos gases ideais
T = temperatura

Para simplificar a utilização da lei dos gases, a pressão será expressa em atmosfera, pois os dados podem ser obtidos nas literaturas (ocorre que as pressões de vapores de líquidos são expressas em várias unidades incluindo-se kN/m^2, kPa, mm Hg e bars).

A equação acima incorpora a lei de Boyle (PV = constante a temperatura constante) e Gay Lussac (V/T = constante a pressão constante) e hipótese de Avogrado que afirma *"igual volume de diferentes gases a mesma temperatura e pressão contém o mesmo número de moléculas (ou átomos no caso de gás atômico como o helio)".*

Considerando: P = 1 atm, T = 273,12 K (0 ^{o}C), n = 1 mol
V= ,022414 m^3 logo, R = 8,20575 atm m^3 /mol K

Esse é o volume ocupado por 28 g de nitrogênio, 32 g de oxigênio ou 44 g de CO_2 à pressão atmosférica e 0 ^{o}C, assumindo que estes gases comportam-se como gases ideais.

O desvio do comportamento ideal aumenta quando a temperatura é reduzida para próximo do ponto de liquefação. Todavia, a equação pode ser usada de vários modos para interpretar e ilustrar os aspectos do comportamento do incêndio.

A densidade ou concentração de um gás pode ser calculada, por exemplo, tomando-se a composição do ar normal.

Se um mol corresponde massa molecular - Mw = 0,02895 kg - então sua massa específica (densidade) a 0 ^{o}C será:

$$\rho = nMw / V = PMw / RT = 1{,}292 kg/m^3$$

onde:
ρ = massa específica
n = número de moles
Mw = massa molecular
V = volume
P = pressão
R = constante dos gases ideais
T = temperatura

A composição de uma mistura de gases pode ainda ser expressa em termos das pressões parciais dos componentes, i, tal que:

$$P = \sum Pi$$

onde:
P = pressão total
Pi = pressão parcial de cada gás da mistura

Como a fração volumétrica do oxigênio no ar é 0,2095, sua pressão parcial será 0,2095 atm.
Isto pode ser convertido em concentração de massa, então a 273 K

$$PMw / RT = 0{,}2095 \times 0{,}032 / 273 \times 8{,}20575 \bullet 10^{-5} = 0{,}2993 kgO_2 / m^3$$

o qual é a fração mássica do oxigênio no ar (Y_{O2}): 0,2993/1,2923 = 0,2316.

Se o volume é mantido constante, então a pressão irá aumentar de forma diretamente proporcional ao aumento da temperatura. Por outro lado, se a pressão é mantida constante, o gás se expandirá (V aumenta) e sua densidade diminui.

Num incêndio, as altas temperaturas geradas pela queima dos gases formarão fluxos de grande força de flutuação motivada pela diferença das densidades dos gases quentes e o ar atmosférico. Elas criam diferenças de pressão, que embora sejam pequenas em valores absolutos, são responsáveis pela introdução do ar na base do fogo e pela expulsão da chama e gases quentes de locais confinados.

A variação da densidade (ρ) à temperatura (a pressão constante) é dada pela equação:

$$\rho = \frac{PM_w}{R} \frac{1}{T}$$

PMw/R é constante, portanto o produto ρ T também é constante.
Conseqüentemente:

$$\frac{\rho_0}{\rho_\infty} = \frac{T_\infty - T_0}{T_\infty}$$

0 e ∞ referem-se às condições iniciais e finais.

Como: $T_\infty = PMw/R\rho_\infty$ pode ser rearranjado para:

$$\frac{\Delta\rho}{\rho_\infty} = \beta \Delta T$$

onde:
β = $R\rho_0/PMw = 3{,}66\ 10^{-3}\ K^{-1}$ ao estado de referência de 1 atm e 0 ºC.
β é o recíproco de 273 K e é conhecido como o coeficiente de expansão térmica.

É a primeira derivação para gases de Gay-Lussac.

Se existir qualquer diferença de densidade entre as massas do ar adjacentes, ou de fato qualquer outro fluido, ocorrerá um movimento relativo.

A grandeza desta diferença determinará a força de flutuação. O grupo de admensionais, que aparecem nos problemas relativos na convenção natural (número de Grashof) pode ser expresso em termos de $\Delta\rho$ / ρ_0 ou $\beta\Delta T$.

1.9.4. PRESSÃO DE VAPOR DOS LÍQUIDOS

Qualquer líquido exposto à atmosfera irá se evaporar, liberando moléculas de sua superfície para formar vapor.

Se o sistema é fechado, o estado do equilíbrio cinético será atingido quando a pressão parcial de vapor acima da superfície atinge o nível no qual não há perda por evaporação. Para um líquido puro, tem-se a pressão de vapor saturado, uma propriedade que varia com a temperatura de acordo com a equação de Clapeyron-Clausius.

$$d(ln\ \rho_0) / dT = L_v / RT^2$$

onde:
ρ_0 = pressão de vapor em equilíbrio
L_v = calor latente de evaporação

Numa forma integrada pode se usar, por exemplo:

$$log_{10}\ \rho^0 = (-0{,}2185E / T) + F$$

onde:
E e F = constantes
T = temperatura em K

Os valores E e F de alguns líquidos combustíveis são encontrados na literatura.

A equação pode ser usada para calcular a pressão de vapor acima da superfície do combustível líquido puro, a fim de avaliar a inflamabilidade da mistura vapor-ar.

O mesmo procedimento pode ser empregado para misturas de líquidos combustíveis, se as pressões de vapores de seus componentes puderem ser calculados.

Para as "soluções ideais", que se aproximam de misturas de hidrocarbonetos, pode ser usada a lei de Raoult.

A mistura de dois líquidos A e B pode ser calculada por:

$$\rho_A = \chi_A \rho^0_A \qquad \text{e} \qquad \rho_B = \chi_B \rho^0_B$$

onde:
ρ_A e ρ_B = pressões parciais dos líquidos A e B na mistura
ρ^0_A e ρ^0_B = pressões de vapor no equilíbrio do líquido puro A e B
χ_A e χ_B = fração molar dos líquidos A e B

$$\chi_A = \eta_A / \eta_A + \eta_B \qquad \text{e} \qquad \chi_B = \eta_B / \eta_A + \eta_B$$

onde:
η_A e η_B = concentrações molares de A e B na mistura.
Estes são obtidos pela divisão da concentração da massa (CA e CB) pela massa molecular Mw(A) e Mw(B).

De fato, poucas misturas líquidas se comportam idealmente e desvios substanciais são encontrados particularmente se as moléculas de A e B são parcialmente associadas no estado puro (ié água, metanol), ou se A e B são de polaridades diferentes.

Pressões parciais podem então ser calculadas usando as atividades de A e B na solução:

$$\rho_A = \alpha_A \rho^0_A \qquad \text{e} \qquad \rho_B = \alpha_B \rho^0_B$$

onde:

$\alpha_A = \gamma_A \gamma_A$ e $\alpha_B = \gamma_B \gamma_B$

α e γ = atividade e coeficiente de atividade, respectivamente.

γ é também a unidade para uma solução ideal.

Valores para misturas específicas são obtidos na literatura e têm sido usados para preverem o ponto de fulgor das misturas de líquidos inflamáveis a partir dos dados sobre limites de inflamabilidade.

É necessário, ainda, recorrer às teorias de Raynold, Nusselt, Fourier, Planck, Grashof, etc.

2. Tecnologia do incêndio

2.1. GERAL

Ainda hoje temos na crença popular e entre muitos administradores/proprietários de empresa que o incêndio é "castigo de Deus" ou "falta de sorte" ou "um grande azar".

A ciência, utilizando-se da engenharia e cálculos de probabilidades, vem desmistificando essas crenças.

2.2. DEFINIÇÃO

As definições abaixo traduzem exatamente o que é o incêndio.

- Brasil NBR 13860: O incêndio é o fogo fora de controle.
- "Internacional ISO 8421-1: Incêndio é a combustão rápida disseminando-se de forma descontrolada no tempo e no espaço".

Essas conceituações deixam claro que o incêndio não é medido pelo tamanho do fogo.

No Brasil quando o estrago causado pelo fogo é pequeno, diz se que houve um *princípio de incêndio* e não um incêndio.

Neste trabalho vamos estudar o incêndio que coloca em risco o patrimônio e a vida das pessoas.

2.3. PRODUTOS DA COMBUSTÃO

O incêndio produz três produtos, que são utilizados nos sistemas de detecção e chuveiros automáticos (sprinklers).

- calor.
- fumaça.
- chama.

2.4. FATORES QUE INFLUENCIAM O INCÊNDIO

Não existem dois incêndios iguais, pois são vários os fatores que concorrem para seu início e desenvolvimento, podendo-se citar:

a) forma geométrica e dimensões da sala ou local.

b) superfície específica dos materiais combustíveis envolvidos.

c) distribuição dos materiais combustíveis no local.

d) quantidade de material combustível incorporado ou temporário.
e) características de queima dos materiais envolvidos.
f) local do início do incêndio no ambiente.
g) condições climáticas (temperatura e umidade relativa).
h) aberturas de ventilação do ambiente.
i) aberturas entre ambientes para a propagação do incêndio.
j) projeto arquitetônico do ambiente e ou edifício.
k) medidas de prevenção de incêndio existentes.
l) medidas de proteção contra incêndio instaladas.

O incêndio inicia-se, na sua maioria, bem pequeno. O crescimento dependerá: do primeiro item ignizado, das características do comportamento ao fogo dos materiais na proximidade do item ignizado e sua distribuição no ambiente.

A figura abaixo ilustra a evolução do incêndio celulósico na edificação.

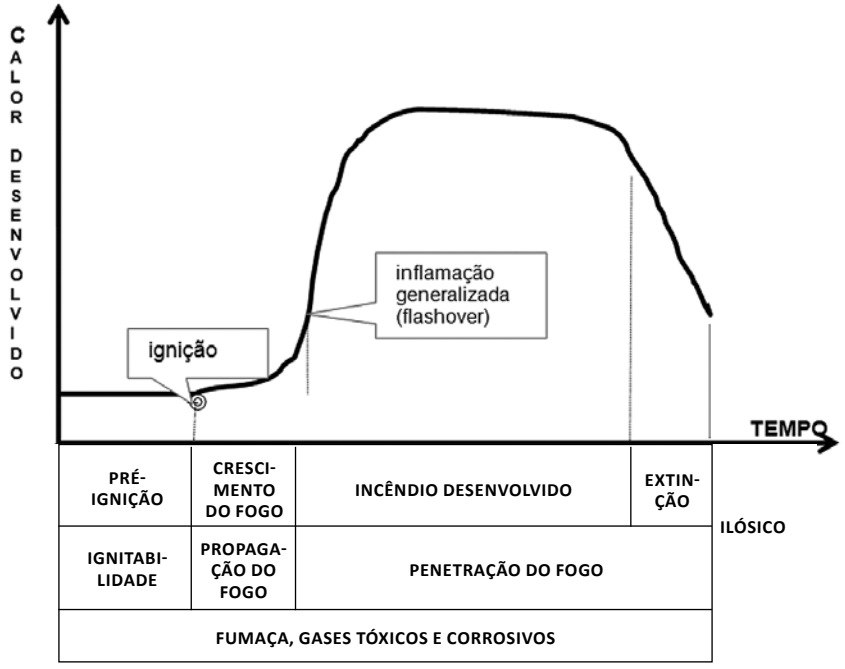


FIGURA 7: Curva de evolução do incêndio celulósico

Nota: Fonte - ISO/TR3814:1989(E) Tests to measuring reaction to fire of buildings materials – Their development and application

A curva possui três fases distintas: a primeira fase é o incêndio incipiente tendo-se um crescimento lento, em geral de duração entre cinco a vinte minutos até a ignição, em que inicia a segunda fase caracterizada pelas chamas que começam a crescer aquecendo o ambiente. O sistema de detecção deve operar na primeira fase e o combate a incêndio e conseqüente extinção tem grande probabilidade de sucesso. Quando a temperatura do ambiente atinge em torno de 600 ºC, todo o ambiente é tomado por gases e vapores combustíveis desenvolvidos na pirólise dos combustíveis sólidos. Havendo líquidos combustíveis, eles irão contribuir com seus vapores, ocorrerá a inflamação generalizada (flashover) e o ambiente será tomado por grandes labaredas. Caso o incêndio seja combatido antes dessa fase (por exemplo, por chuveiros automáticos) haverá grande probabilidade de sucesso na sua extinção. A terceira fase é caracterizada pela diminuição gradual da temperatura do ambiente e das chamas, isso ocorre por exaurir o material combustível.

• Norma BS 3974/2001 nos dá subsídios para calcular cada fase da Figura 7 tanto para o incêndio controlado pela ventilação quanto para o controlado pela carga de incêndio.

2.5. EQUAÇÕES BÁSICAS DAS FASES DO INCÊNDIO

Foram mantidos os símbolos das equações da norma BS 3974 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice

2.5.1. PRIMEIRO ESTÁGIO - PRÉ-IGNIÇÃO

Nesse estágio podem ser consideradas duas fases: abrasamento e chamejamento.

No abrasamento a combustão é lenta, sem chama e produção de pouco calor, mas com potencial para preencher o compartimento com gases combustíveis e fumaça.

Essa combustão pode ter a duração de algumas horas antes do aparecimento de chamas.

As formas físicas dos materiais que queimam por abrasamento são diversas. Por exemplo: serragem de madeira, pilhas de sacos de papel ou de fibras naturais, palhas, folhas secas, capim seco e alguns tipos de material sintético expandido (espuma plástica).

Devido à produção de pouco calor, a força de flutuação da fumaça e ou dos gases gerados é pequena e seus movimentos serão determinados pelo fluxo do ar ambiente.

O chamejamento é a forma de combustão que estamos acostumados a ver, ou seja, com chama e fumaça.

O desenvolvimento do calor e da fumaça/gases é mais rápido que a combustão por abrasamento.

A razão de liberação do calor na fase de crescimento do incêndio é dada por:

$$Q_g = \alpha(t - ti)^2$$

onde:
Q_g **=** razão de liberação de calor no crescimento do incêndio - (kW)
t = tempo do incêndio - (s)
ti = tempo de início da ignição (considerado como zero) - (s)
α = parâmetro de desenvolvimento do incêndio - (kJ/s^3)

São dados os seguintes valores de α

Tabela 2 - Razão de crescimento do incêndio

RAZÃO DE CRESCIMENTO DO INCÊNDIO	VALOR DE α (kJ/s^3)
Lento	0,0029
Médio	0,012
Rápido	0,047
Ultra-rápida	0,188

2.5.2. SEGUNDO ESTÁGIO - CRESCIMENTO DO INCÊNDIO

Nesse estágio ocorre a propagação do fogo para outros objetos adjacentes e ou para o material da cobertura ou teto.

A temperatura do compartimento se elevará na razão direta do desenvolvimento do calor dos materiais em combustão.

Nessa fase, a elevação da temperatura no compartimento, antes de atingir o "flashover", pode ser calculada utilizando-se o conceito de modelo por zona e assumindo que a camada dos gases quentes no teto é uniforme.

A relação da elevação da temperatura no compartimento é dada por:

$$\theta_c = 6{,}85\left(\frac{Q^2}{A_w h_w^{1/2} h_k A_t}\right)^{1/3}$$

onde:
θ_c = elevação da temperatura junto ao teto – (^oC)
Q^2 = razão da elevação do calor – (kW)
A_w = área da abertura de ventilação – (m^2)
h_w = altura da abertura de ventilação – (m)
h_k = coeficiente de transferência efetiva de calor – (kW/m^2K)
A_t = área total do compartimento – (m^2).

Para se atingir o ponto de inflamação generalizada (flashover) a razão de desenvolvimento do calor deve atender à relação:

$$Q_{fo} = 7{,}8 \bullet A_t + 378 \bullet A_w \bullet h_w^{1/2}$$

onde:
Q_{fo} = razão de desenvolvimento do calor – (kW)
A_t = área total do compartimento – (m^2).
A_w = área da abertura de ventilação – (m^2)
h_w = altura da abertura de ventilação – (m)

Assume-se que a inflamação generalizada "flashover" irá ocorrer quando a temperatura da camada dos gases quentes junto ao teto atinge o valor de 6.000ºC.

Quando os materiais de revestimentos têm efetiva participação no desenvolvimento do calor tem-se uma outra relação:

$$Q_{fo} = 750 \bullet (h_k \bullet A_t \bullet A_w \bullet h_w^{1/2})^{1/2}$$

onde:
Q_{fo} = razão de desenvolvimento do calor – (kW)
A_t = área total do compartimento – (m^2).
A_w = área da abertura de ventilação – (m^2)
h_w = altura da abertura de ventilação – (m)
h_k = coeficiente de transferência efetiva de calor – (kW/m^2K)

Se a provável razão de liberação de calor por unidade de área pode ser estabelecida para uma ocupação particular do edifício, a razão de liberação de calor pode ser calculada da área de fogo (ou vice-versa).

$$Q = Q'' \bullet A_{fire}$$

onde:
Q = razão de liberação de calor do incêndio - (kW).
Q'' = razão de liberação de calor por unidade de área do incêndio - (kW/m^2)
A_{fire} = área do incêndio - (m^2)

2.5.3. TERCEIRO ESTÁGIO - INCÊNDIO DESENVOLVIDO

Nessa fase as temperaturas do ambiente atingirão valores acima de 1.100 ^{0}C.

Todos os materiais combustíveis do ambiente entrarão em combustão.

O incêndio irá se propagar por meio das aberturas internas, fachadas e coberturas da edificação.

Deve-se considerar como constante a razão de consumo dos materiais combustíveis que compõem a carga de incêndio do compartimento.

A duração desse estágio está ligada à carga de incêndio que passa dos 80% para 30% do valor inicial.

A razão de desenvolvimento do calor é diretamente proporcional ao consumo da massa do combustível e do seu efetivo poder calorífico, e pode ser considerado em regime permanente, assim tem-se:

$$Q = m_f H_c$$

onde:
Q = razão de desenvolvimento do calor em regime permanente – (kW)
m_f = razão de queima em massa do material – (kg/s)
H_c = poder calorífico efetivo da carga de incêndio – (kJ/kg)

O desenvolvimento do incêndio nesse estágio é controlado por dois mecanismos: ventilação e carga de incêndio.

2.5.3.1. INCÊNDIO CONTROLADO PELA VENTILAÇÃO

As aberturas de ventilação são insuficientes para a queima livre dos combustíveis e, portanto, influem no crescimento e duração do incêndio.

Considerando-se que carga de incêndio irá queimar como a madeira, obtém-se a relação para determinar a razão de desenvolvimento do calor.

$$m_f = 0{,}02 \cdot \sqrt{A_r \frac{w_c}{d_c} A_w h_w^{1/2}}$$

onde:
m_f = razão de queima em massa – (kg/s)
A_r = diferença entre a área total do compartimento e a área de ventilação – (m^2)
w_c = largura da parede que contém a abertura de ventilação – (m)
d_c =distância frente-fundo do compartimento – (m)
A_w = área da abertura de ventilação – (m^2)
h_w = altura da abertura de ventilação – (m)

2.5.3.2. INCÊNDIO CONTROLADO PELA CARGA DE INCÊNDIO

As aberturas de ventilação são suficientes para a queima livre dos materiais combustíveis, portanto o crescimento e a duração do incêndio dependem somente das características do combustível e seu arranjo no ambiente.

Para o estudo deve-se considerar que todos os materiais combustíveis são referidos à razão de queima da madeira. Assim, a equação será diretamente proporcional à carga de incêndio.

$$m_{fe} = \frac{L}{\Delta t_f}$$

onde:
m_{fe} = razão de queima equivalente a da madeira – (kg/m^3)
L = carga de incêndio equivalente em madeira – (kg)
Δt_f = duração do incêndio – (s)

2.5.4. QUARTO ESTÁGIO - EXTINÇÃO DO FOGO

Nessa fase o incêndio irá diminuir de intensidade e de severidade na proporção que vai se exaurindo os materiais combustíveis.

A duração da combustão no regime permanente é entre trinta min e cento e oitenta min e é calculada pela relação abaixo.

$$\frac{dT}{dt} = \frac{600}{\tau}$$

onde:
dT/dt = razão de mudança da temperatura – (^oC)
T = temperatura interna do compartimento – (^oC)

$$\tau = \frac{L}{m_f}$$

onde:
T = carga de incêndio equivalente em madeira – (kg)
m_f = razão de queima, em massa, do combustível – kg/s

É considerado fim dessa fase quando a temperatura atinge valores abaixo de 2.000ºC.

2.6. EFEITO DA VENTILAÇÃO

O primeiro a estudar a duração do incêndio relacionando-o com a carga de incêndio foi Ingberg, em 1928, e chegou a seguinte relação:

$$t = 1{,}2\ W$$

onde:
t = é o tempo de duração do incêndio (min)
w = é a carga-incêndio

Kawagoe e Sekine, na década de 70, relacionaram a duração do incêndio com a ventilação do local (ambiente confinado) e chegaram a:

$$t = \frac{WAp}{5{,}5AvH^{1/2}}$$

onde:
t = tempo de duração do incêndio (h)
w = carga de incêndio
Ap = área do piso
Av = área de ventilação
H = altura da abertura de ventilação

3. Fumaça do incêndio

3.1. GERAL

A fumaça é a mistura de gases, vapores e partículas sólidas finamente divididas.
Sua composição química é altamente complexa, assim como o mecanismo de formação.
É o produto da combustão que mais afeta as pessoas por ocasião do abandono da edificação.
Sua presença pode ser percebida visualmente ou pelo odor.

3.2. EFEITOS NAS PESSOAS

A fumaça desenvolvida no incêndio afeta a segurança das pessoas das seguintes maneiras:
a) tira a visibilidade das rotas de fuga.
b) tira a visibilidade por provocar lacrimejamento, tosses e sufocação.
c) aumenta a palpitação devido à presença de gás carbônico.
e) provoca o pânico por ocupar grande volume do ambiente.
f) provoca o pânico devido ao lacrimejamento, tosses e sufocação.
g) debilita a movimentação das pessoas pelo efeito tóxico de seus componentes.
h) tem grande mobilidade podendo atingir ambientes distantes em poucos minutos.

3.3. PRODUÇÃO DA FUMAÇA

A produção da fumaça na combustão é aproximadamente o volume do ar que penetra na coluna dos gases quentes, por segundo.

O volume do ar na coluna depende de:
a) perímetro do fogo e
b) calor gerado pelo fogo.

A relação entre as razões, em volume e em massa, da fumaça produzida é:
• 10 kg/s ≅ 8,2 m³/s a 20°C
• 10 kg/s ≅ 21,8 m³/s a 500 °C

3.4. DENSIDADE ÓTICA

3.4.1. GERAL

A redução da visibilidade depende da composição e concentração da fumaça, do tamanho das partículas e sua distribuição, da natureza da iluminação e do estado físico e mental da pessoa envolvida pela fumaça.

A densidade da fumaça pode ser medida objetivamente pela redução da intensidade do feixe de luz que passa através da atmosfera enfumaçada, a qual pode ser relatada subjetivamente como redução da visibilidade.

A densidade de fumaça é expressa usualmente em termos de obscurecimento de luz e densidade ótica da fumaça.

3.4.2. OBSCURECIMENTO DE LUZ

É a medida da atenuação do feixe de luz que atravessa a atmosfera enfumaçada e é dada pela seguinte equação:

$$S_x = 100\ (1 - I_x / I_o)$$

onde:
S_x = é o obscurecimento da luz devido a fumaça, expresso em %
I_x = é a intensidade da luz que atravessa a fumaça e chega no sensor ótico
I_o = é a intensidade da luz de feixe paralelo que atravessa o ambiente sem fumaça e chega no sensor ótico

3.4.3. DENSIDADE ÓTICA

É baseada na Lei de Lambert para os trabalhos em ótica, obedece a função logarítmica (base 10) para medir a redução da luz que atravessa a fumaça, segundo a equação:

$$OD_x = \log_{10} I_o / I_x$$

onde:
OD_x = é a densidade ótica

Em termos práticos, a Lei de Lambert pode ser entendida pelo seguinte exemplo: se um feixe de luz paralelo, passando por um ambiente cheio de fumaça, diminui de 50% sua intensidade no primeiro metro, irá diminuir de 50% os 50% restante (ou seja diminui para 25%) no segundo metro e irá diminuir novamente de 50% o segundo 50% restante (ou seja diminui para 12,5%) no terceiro metro e assim consecutivamente.

E ainda, para uma densidade ótica da fumaça 1,0 tem-se o obscurecimento de 90% da luz incidente.

O relacionamento entre o obscurecimento da luz devido a fumaça e a densidade ótica da fumaça pode ser expressa pela equação:

$$OD_x = 2 - \log_{10} (100 - S_x)$$

A relação é valida para o mesmo feixe de luz usado nas medições e é importante dizer que a medida da densidade da fumaça não é absoluta para nenhum dos casos.

Entretanto, fazendo-se uma analogia da Lei de Beer para a análise química e mantendo-se a hipótese que a natureza das partículas da fumaça é a mesma, Rasbash sugere que essa lei pode ser aplicada para a concentração de fumaça e que existe uma relação direta entre a densidade ótica (OD), o produto da distância percorrida pela luz (x) e a concentração da fumaça (c), conforme equação:

$$OD_x = x\ c\ B$$

onde:
B = é uma constante que depende da natureza da fumaça

Segue-se da equação que a densidade ótica é diretamente proporcional à distância percorrida pela luz (na mesma amostra de fumaça)

$$OD_x = x/y\ OD_y$$

onde:
x e **y =** são as diferentes distâncias percorridas pela luz

3.4.4. EFEITO DA VENTILAÇÃO NA DENSIDADE ÓTICA

O efeito da ventilação sobre a fumaça ocorre da seguinte maneira: tendo-se a densidade ótica P para a distância de 1m percorrida pela luz e diluída com ar limpo (isento de fumaça) n vezes seu próprio volume (e for homogeinizado) então a densidade ótica por metro resultante é P/n.

3.4.5 - DENSIDADE ÓTICA ESPECÍFICA

O conceito de densidade ótica específica foi introduzido por Robertson para determinar dois parâmetros, que são:
a) estimar o potencial de produção da fumaça de diversos materiais e
b) estimar a densidade fotométrica quando a fumaça se expande em diferentes salas ou partes do edifício.

O método para determinar a densidade ótica específica é: NFPA 258-T "Tentative standard test method for smoke generated by solid materials" e ASTM E 662 "Standard Test Method fo Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials".

Essa propriedade é característica da produção de fumaça de um material de uma dada espessura quando submetido às condições térmicas especificadas em norma. É definida por:

$$Ds = D\ V/AL$$

onde:
Ds = é a densidade ótica específica no tempo t de ensaio (é utilizada Dm para indicar o valor máximo de Ds obtido no ensaio)
D = é a medida do grau de opacidade (logaritmo negativo base 10 da transmissão de luz)
L = é a distancia percorrida pelo feixe paralelo de luz no qual são feitas as medições
V = é o volume da câmara de ensaio onde a fumaça é confinada e medida
A = é a área da amostra exposta às condições especificadas de aquecimento

A equação anterior pode ser escrita de duas maneiras conforme segue:
a) para quantidade máxima de fumaça produzida pelo material

$$aDm = vD/L$$

b) para densidade ótica por unidade da distância percorrida pela luz na fumaça produzida.

$$D/L = aDm/v$$

onde:
a = é a área do material envolvida no incêndio,
L = é a distância percorrida pelo feixe paralelo de luz
v = é o volume da sala onde a fumaça é produzida ou é o volume ocupado pela fumaça.

3.4.6. VISIBILIDADE NO AMBIENTE ENFUMAÇADO

A indicação subjetiva de densidade de fumaça é relacionada com a distância que uma pessoa pode enxergar através desta fumaça e esta é a principal característica para definir o risco de uma dada quantidade de fumaça.

A visibilidade de um observador dentro do ambiente com fumaça depende de várias condições; algumas são funções da fumaça, outras do ambiente e outras do próprio observador.

Estas condições podem ser agrupadas, como segue:

a) fumaça: cor, tamanho das partículas, densidade e efeitos fisiológicos.

b) ambiente: tamanho e cor do objeto observado, iluminação no objeto.

c) observador: estado físico e mental, verificado em condições laboratoriais ou em estado de tensão ou pânico num incêndio real.

A maioria dos dados obtidos são laboratoriais e quase nenhum de incêndios reais.

Vários pesquisadores, T Jin, Malhotra e Rasbash, relacionaram a visibilidade e a densidade de fumaça, levando em conta duas situações de iluminação: a frente do objeto e atrás do objeto.

Desses estudos é possível estabelecer duas relações simples e práticas para determinação da visibilidade através da fumaça:

a) iluminação pela frente do objeto

$$\textbf{V[visibilidade (em metros)]} = \frac{\textbf{1}}{\textbf{DO *L (densidade ótica por metro)}}$$

b) iluminação por detrás do objeto

$$\textbf{V[visibilidade (em metros)]} = \frac{\textbf{2,5}}{\textbf{DO *L (densidade ótica por metro)}}$$

A visibilidade mínima aceitável para as rotas de fuga é de 5 m, ou seja, corresponde a densidade ótica por metro de 0,2. Para atingir este valor a fumaça original do incêndio precisa ser diluída 50 vezes seu próprio volume com ar isento de fumaça.

3.5. TOXICIDADE DA FUMAÇA

3.5.1. GERAL

A composição química da fumaça é altamente complexa e variável. Chega a ter duas centenas de substâncias e a porcentagem dessas substâncias varia com o estágio do incêndio.

A formação dessas substâncias é influenciada por: composição química do(s) material(ais) em combustão, oxigenação e nível de energia (calor) no processo.

3.5.2. GASES TÓXICOS MAIS COMUNS NO INCÊNDIO E SEUS EFEITOS

A toxicidade da fumaça depende das substâncias gasosas que a compõe. As mais comuns são:

a) monóxido de carbono - CO: é encontrado em todos os incêndios e é resultado da combustão incompleta dos materiais combustíveis a base de carbono, como a madeira, tecidos, plásticos, líquidos inflamáveis, gases combustíveis, etc.

O efeito tóxico deste gás é a asfixia, pois ele substitui o oxigênio no processo de oxigenação do cérebro efetuado pela hemoglobina.

A hemoglobina é o componente do sangue responsável pela oxigenação das células do corpo humano. Ela fixa o oxigênio no pulmão formando o composto denominado oxihemoglobina.

Quando o oxigênio é substituído pelo monóxido de carbono, o composto formado é o carboxihemoglobina que provoca a asfixia do cérebro pela falta de oxigênio.

Esse é um processo reversível, porém lento, portanto, quando as pessoas forem afetadas por este gás é fundamental que elas recebam muito oxigênio e fiquem em repouso.

A anóxia produzida pelo monóxido de carbono não cessa pela respiração do ar fresco, como no caso dos asfixiantes simples.

Após moderado grau de exposição, somente em torno de 50% do monóxido de carbono inalado é eliminado na primeira hora em circunstâncias ordinárias e sua eliminação completa leva algumas horas quando se respira ar fresco.

A concentração máxima de monóxido de carbono que uma pessoa pode se expor sem sentir seu efeito é de 50 ppm (parte por milhão) ou 0,005% , em volume no ar. Acima deste nível aparecem sintomas como dor de cabeça, fadiga e tonturas.

b) gás carbônico - CO_2: é encontrado também em todos os incêndios e é resultado da combustão completa dos materiais combustíveis a base de carbono.

A toxicidade do gás carbônico é discutível. Algumas publicações não o citam como gás tóxico dizem que o mal-estar é devido à diminuição da concentração de oxigênio pela presença dele no ambiente, enquanto outras dizem ser tóxico.

Entretanto, como efeito nas pessoas que inalam o gás carbônico foi verificado que a respiração é estimulada, os pulmões dilatam-se e aumenta a aceleração cardíaca.

O estimulo é pronunciado na concentração de 5% e após a exposição de 30 min produzem sinais de intoxicação; acima de 7% ocorre a inconsciência pela exposição de alguns minutos.

O limite tolerável pelas pessoas é em torno de 5.000 ppm ou 0,5% em volume no ar.

c) gás cianídrico, cianeto ou cianureto de hidrogênio - HCN: é produzido quando materiais que contém nitrogênio em sua estrutura molecular sofrem a decomposição térmica.

Materiais mais comuns que produzem o gás cianídrico na sua queima são: seda, náilon, orlon, poliuretano, uréia-formoldeido, acrilonitrila, butadieno e estireno.

O gás cianídrico e outros compostos cianógenos bloqueiam a atividade de todas as formas de seres vivos. Eles exercem uma ação inibidora de oxigenação nas células vivas do corpo.

d) gás clorídrico - HCl: é um gás da família dos halogenados; os outros são HBr (gás bromídrico), HF (gás fluorídrico) e HI (gás iodídrico).

O cloro é o halogênio utilizado para inibir o fogo nos materiais sintéticos, sendo comum encontrá-lo nas estruturas dos diversos materiais de construção que sejam feitos de PVC - cloreto de polivinil.

Seu efeito é lesar a mucosa do aparelho respiratório, em forma de ácido clorídrico (gás clorídrico + umidade da mucosa), provocando irritação quando a concentração é pequena, tosse e ânsia de vômito em concentrações maiores e finalmente lesão seguido de infecção.

e) óxidos de nitrogênio - NO_x: uma grande variedade de óxidos, óxi-ácidos e óxi-anions, correspondentes aos estados de oxidação do nitrogênio de +1 a +5, pode ser formada num incêndio.

As suas formas mais comuns são: monóxido de dinitrogênio (N_2O); óxido de nitrogênio (NO); dióxido de nitrogênio (NO_2) e tetróxido de dinitrogênio (N_2O_4).

O óxido de nitrogênio não é encontrado livre na atmosfera porque é muito reativo com o oxigênio formando o dióxido de nitrogênio.

Esses componentes são bastante irritantes inicialmente; em seguida, tornam-se anestésicos e atacam particularmente o aparelho respiratório, onde forma os ácidos nitroso e nítrico, em contato com a umidade da mucosa.

Esses óxidos são produzidos, principalmente, pela queima de nitrato de celulose e decomposição dos nitratos inorgânicos.

f) gás sulfídrico - H_2S: é um gás muito comum no incêndio e é produzido na queima de madeira, alimentos, gorduras e produtos que contenham enxofre.

Seu efeito tóxico sobre o homem é a paralisação do sistema respiratório e dano ao sistema nervoso.

g) gás oxigênio - O_2: o consumo do oxigênio na combustão dos materiais diminui a concentração desse gás no ambiente e é um dos fatores de risco à vida das pessoas.

Outros gases que são encontrados na fumaça: dióxido de enxofre - SO_2 , acrilonitrila - CH_2CHCN, formaldeido – HCHO, fosgene – COCl, etc.

3.5.3. ÍNDICE DE TOXICIDADE

Os métodos para determinar a toxicidade dos gases utilizam a análise qualitativa e quantitativa e a análise biológica com ratos e cobaias. A toxicidade é expressa pela seguinte equação:

$$\theta = c / c_f$$

onde:
θ = é a toxidez dos gases
c = é a concentração do gás
$\mathbf{c_f}$ = é a concentração fatal ao homem para exposição de 30 min

Usando esse conceito é possível, por comparação, avaliar a toxicidade dos compostos gasosos existentes no ambiente.

Numa atmosfera que contém dois ou mais componentes tóxicos, a toxicidade desse ambiente é estimada primeiramente como $\theta = \Sigma \theta i$

Caso o efeito de sinergia exista, efeito esse verificado por meio de experiências com cobaias, a toxicidade desse ambiente é calculada por:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 + s\,\theta_1\,\theta_2$$

onde:
s = é o fator de sinergia

O "índice de toxidez" pode ser determinado quando produtos de combustão são gerados por diversos materiais.

Exemplificando: quando a massa m de um material é decomposta num ambiente de volume V que resulta uma atmosfera de toxicidade θ, então o "índice de toxidez" é expresso por:

$$\tau = \theta\, V/\, m = c / c_f\, .\, v/m.$$

Quando c e cf são expressos em relação de volumes, tem-se:

$$c = v / V$$

v é o volume de produtos gasosos provenientes de massa m do material, então:

$$\tau = v / c_f\, .m$$

Caso os componentes tóxicos sejam mais de um, então:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + ..\tau_n$$

τ_1, τ_2 . . .n são os "índice de toxidez" dos componentes 1, 2 . . n.

O "índice de toxidez" produzido por materiais decompostos depende das condições do experimento.

O valor máximo obtido, ou seja, o "índice de toxidez" máximo fornecerá o potencial de perigo de um material quanto à geração de produtos gasosos perigosos às pessoas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 13860/1997. *Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio.* Rio de Janeiro: 1997.

• ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 9442. *Materiais de construção – Determinação do índice de propagação, superficial de chama pelo método do painel radiante*. Método de ensaio, Rio de Janeiro.

• ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12230 SI*. Prescrições para sua aplicação*. Rio de Janeiro.

• ASTM E 662. *Standard Test Method for Specific Optical Density of Smoke Generated by Solid Materials.*

• British Standard Institution - BS 4422: Part 1. Terms associated with fire Part 1. General terms and phenomena of fire.

• BS 3974. *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice.*

• *BUTCHER E.G., PARNELL A.C. Smoke Control in Fire Safety Design.* E & F. N. Spon Ltd. London: 1979.

• DRYSDALE, D. *An Introduction to Fire Dynamics.* Editora John Wiley and Sons, 1997.

• EGAN M.D. *Concepts in Building Firesafety.* Ed. John Wiley & Sons. NY: 1984.

• IAFSS – International Fires Safety Science. *Proceedings of First International Symposium.* 1985.

• ISO/TR3814:1989(E) *Tests to measuring reaction to fire of buildings materials – Their development and application.* Genève.

• ISO 8421 Part 1. *General terms and phenomena of fire.* Genève

• MALHOTRA, H.L. *Fire Safety in Buildings.* B.R.E. 1986.

• MALHOTRA, H.L. *Proposed Code for Fire Safety in Building for State of Sao Paulo.* 1993

• METIDIERI M.L. *Proposta de classificação de materiais e componentes construtivos com relação ao comportamento frente ao fogo – Reação ao fogo.* Dissertação de mestrado EPUSP, 1998.

• NFPA – National Fire Protection Association - NFPA 101A. *Alternative approaches to life safety.* 2003 Edition

• ROSSO T. *Incêndio e Arquitetura.* FAUUSP: 1975

• SEITO A.I. *Fumaça de incêndio - Movimentação no edifício e seu controle.* Revista A Construção São Paulo Ano XXXVIII nº 1953, 1985.

• SEITO A.I. *Sistema atual de segurança contra incêndio.* Revista Incêndio Ano 1 nº 1, 1998.

• SEITO A.I. *Ações para o desenvolvimento da segurança contra incêndio.* Revista Incêndio Ano II nº 7, 2000.

• SEITO A.I. *Materiais de revestimento.* Revista CIPA Ano XVII nº 196, 1996.

• SFPE – Society of Fire Protection Engineers. *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*. 2nd Edition.

V
O COMPORTAMENTO DOS MATERIAIS E COMPONENTES CONSTRUTIVOS DIANTE DO FOGO - REAÇÃO AO FOGO

MSc. Marcelo Luis Mitidieri
Telefônica Serviços Empresariais do Brasil Ltda.

1. Introdução

A segurança contra incêndio, no Brasil, tem estado em evidência nas últimas décadas, pois grandes sinistros levaram essa questão a ser repensada com mais atenção. Sua discussão começou no início da década de 70, quando ocorreram os trágicos incêndios dos edifícios Andraus (dezesseis mortos) e Joelma (cento e oitenta e nove mortos).

As conseqüências que os incêndios causam à sociedade são notórias. Ocorrem perdas sociais, econômicas e humanas. Apesar dos trabalhos já realizados na área, muito ainda deve ser estudado, pesquisado, planejado e introduzido em nossas regulamentações para que possamos alcançar um nível aceitável de segurança contra incêndio para toda a população brasileira. Dentro dessa linha de pensamento devemos destacar o Decreto Estadual nº 46.076, acompanhado de suas Instruções Técnicas, promulgado no ano de 2001, fruto de um trabalho que envolveu vários colaboradores, sendo esse iniciado e consagrado pelo Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.

O desenvolvimento tecnológico trouxe profundas modificações nos sistemas construtivos, caracterizadas pela utilização de grandes áreas sem compartimentação, pelo emprego de fachadas envidraçadas e pela incorporação acentuada de materiais combustíveis aos elementos construtivos. Tais modificações, aliadas ao número crescente de instalações e equipamentos de serviço, introduziram riscos que anteriormente não existiam nas edificações.

A reação[1] ao fogo dos materiais utilizados no revestimento/acabamento de paredes e tetos e dos incorporados aos sistemas construtivos deve ser considerada por meio da verificação do maior ou menor potencial que eles possuem para contribuir para o desenvolvimento do fogo, quando submetidos a uma situação definida de combustão.

A reação ao fogo dos materiais contidos na edificação, quer seja como mobiliários (estofamentos, cortinas, objetos de decoração, etc.), ou então como agregados aos elementos construtivos (revestimentos de paredes, tetos, pisos e fachadas), destaca-se como um dos principais fatores responsáveis pelo crescimento do fogo, pela propagação das chamas e pelo desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos, contribuindo para que o incêndio atinja fases críticas e gere pânico e mortes.

Portanto deve ser dispensada especial atenção quando da escolha de materiais destinados aos revestimentos e acabamentos de paredes, tetos e pisos, bem como daqueles incorporados aos elementos que compõem os sistemas construtivos, de modo que se possa selecioná-los conforme seu desempenho diante do fogo, prevenindo-se, assim, os riscos de ignição, crescimento e propagação do fogo e, conseqüentemente, aprimorando a salvaguarda da vida humana e dos bens.

[1] Todas as transformações físicas e/ou químicas sofridas por um material exposto a um fogo incontrolado (ISO/GUIDE52/TAG5, 1990).

2. A reação ao fogo e o sistema global da segurança contra incêndio

Para que um edifício seja seguro contra incêndio, deve-se de antemão saber quais os objetivos dessa segurança e os requisitos funcionais a serem ali atendidos.

As ações adotadas para se alcançar uma segurança adequada em um edifício devem ser coerentes e implantadas de maneira conjunta. Essas ações constituem o sistema global de segurança contra incêndio, o qual é particular a cada edifício, e sua concepção e seu desenvolvimento cabem a uma equipe de profissionais, devido ao grande número de aspectos abordados.

HARMATHY (1984, apud BERTO, 1991, p.3) diz que *"um edifício seguro contra incêndio pode ser definido como aquele em que há alta probabilidade de que todos os ocupantes sobrevivam a um incêndio sem sofrer qualquer ferimento e no qual os danos à propriedade serão confinados às vizinhanças imediatas ao local em que o fogo se iniciou".*

2.1. O EDIFÍCIO SEGURO E SEUS REQUISITOS FUNCIONAIS

Os requisitos funcionais a serem atendidos por um edifício seguro estão ligados à seqüência de etapas de um incêndio, as quais se desenvolvem no seguinte fluxo: início do incêndio, crescimento do incêndio no local de origem, combate, propagação para outros ambientes, evacuação do edifício, propagação para outros edifícios e ruína parcial e/ou total do edifício.

Estabelecida a seqüência de etapas de um incêndio, pode-se considerar que os requisitos funcionais atendidos pelos edifícios consistem em:

a) dificultar a ocorrência do princípio de incêndio.

b) ocorrido o princípio de incêndio, dificultar a ocorrência da inflamação generalizada[2] do ambiente.

c) possibilitar a extinção do incêndio no ambiente de origem, antes que a inflamação generalizada ocorra.

d) instalada a inflamação generalizada no ambiente de origem do incêndio, dificultar a propagação para outros ambientes.

e) permitir a fuga dos usuários do edifício.

f) dificultar a propagação do incêndio para edifícios adjacentes.

g) manter o edifício íntegro, sem danos, sem ruína parcial e/ou total.

h) permitir operações de natureza de combate ao fogo e de resgate/salvamento de vítimas.

2.2. A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NAS FASES DO PROCESSO PRODUTIVO E DE USO DO EDIFÍCIO

Em todas as fases que envolvem o processo produtivo, assim como o uso do edifício, a segurança contra incêndio deve ser considerada, passando pelo estudo preliminar, pela concepção do anteprojeto, pelo projeto executivo e pela construção, operação e manutenção. Se a segurança contra incêndio for desconsiderada em qualquer uma das etapas, o edifício ficará suscetível a riscos de inconveniências funcionais, gastos excessivos e níveis de segurança inadequados. Grande parte da segurança contra incêndio dos edifícios é resolvida na fase de projeto. Muitas diretrizes também são, nessa fase, encaminhadas para a solução geral do problema.

Tudo o que foi previsto em projeto deve ser considerado na fase de construção do edifício, garantindo assim tanto a confiabilidade como a efetividade anteriormente previstas. Deve-se, ainda, ressaltar que parte considerável dos problemas com relação à proteção contra incêndio ocorre durante a fase de operação do edifício e depende da caracterização do tipo de ocupação, de usuário e das regulamentações compulsórias existentes.

2.3. O SISTEMA GLOBAL DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

O sistema global da segurança contra incêndio resulta da garantia do atendimento aos requisitos funcionais, que devem ser contemplados no processo produtivo e no uso do edifício.

[2] Inflamação superficial, num mesmo instante, de todos os materiais combustíveis contidos no ambiente, submetidos a uma radiação.

Segundo BERTO (1991), as medidas de prevenção e proteção contra incêndio, quando relacionadas aos requisitos funcionais visando à garantia de níveis adequados de segurança contra incêndio são:

a) “precaução” contra o início do incêndio.
b) limitação do crescimento do incêndio.
c) extinção inicial do incêndio.
d) limitação da propagação do incêndio.
e) evacuação segura do edifício.
f) “precaução” contra a propagação do incêndio entre edifícios.
g) “precaução” contra o colapso estrutural.
h) rapidez, eficiência e segurança das operações relativas ao combate e resgate.

A precaução contra o incêndio constitui-se em medidas que se destinam a prevenir a ocorrência do início do incêndio. Já as medidas de proteção contra incêndio são aquelas que visam à proteção da vida humana, da propriedade e dos bens materiais dos danos causados pelo incêndio instalado no edifício.

Dentro do sistema global de segurança contra incêndio, as medidas de proteção se manifestam quando as medidas de prevenção falham, ocasionando o surgimento do incêndio. Essas medidas compõem os elementos do sistema global, ou seja, limitação do crescimento do incêndio, limitação da propagação do incêndio, evacuação segura do edifício, precaução contra o colapso estrutural e rapidez, eficiência e segurança nas operações de combate e resgate.

Para uma melhor compreensão do sistema global, as medidas que o compõem podem ser dispostas com relação aos aspectos construtivos (resultantes do processo produtivo do edifício) e ao uso do edifício (resultantes das fases de operação e manutenção do edifício).

A tabela 1 mostra as principais medidas de prevenção e de proteção contra incêndio no âmbito do processo produtivo e do uso dos edifícios, atribuídas aos elementos do sistema global.

2.4. A REAÇÃO AO FOGO DENTRO DO CONTEXTO DO SISTEMA GLOBAL

Considerando-se que a reação ao fogo dos materiais combustíveis utilizados como revestimento e acabamento de paredes, tetos e pisos, bem como daqueles incorporados aos elementos construtivos é o objeto deste capítulo, deve-se observar que ela aparece, de maneira explicita e contundente, no sistema global de segurança contra incêndio, entre as medidas relativas ao processo produtivo do edifício.

O controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos, no processo produtivo do edifício, está associado à limitação do crescimento do incêndio, à limitação da propagação do incêndio, à evacuação segura do edifício e à precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios (vide os destaques apresentados na tabela 1).

Já no processo de uso do edifício, a ração ao fogo dos materiais está diretamente vinculada ao controle de materiais trazidos para o interior do edifício e à disposição no ambiente. Os elementos do sistema global de segurança contra incêndio aos quais tal controle encontra-se associado são a limitação e a precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios.

A reação ao fogo dos materiais combustíveis é considerada, dentro do sistema global, no processo produtivo do edifício e interfere diretamente nos elementos: limitação do crescimento do incêndio, limitação da propagação do incêndio, evacuação segura do edifício e precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios.

Tabela 1 - Sistema Global da Segurança contra Incêndio

ELEMENTO	PRINCIPAIS MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	
	RELATIVAS AO PROCESSO PRODUTIVO DO EDIFÍCIO	RELATIVAS AO USO DO EDIFÍCIO
Precaução contra o início do incêndio	- correto dimensionamento e execução de instalações de serviço - distanciamento seguro entre fontes de calor e materiais combustíveis - provisão de sinalização de emergência	- correto dimensionamento e execução de instalações do processo - correta estocagem e manipulação de líquidos inflamáveis e combustíveis e de outros produtos perigosos - manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e instalações que podem provocar o início do incêndio - conscientização do usuário para a prevenção do incêndio
Limitação do crescimento do incêndio	- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos
Extinção inicial do incêndio	- provisão de equipamentos portáteis - provisão de sistema de hidrantes e mangotinhos - provisão de sistema de chuveiros automáticos - provisão de sistema de detecção e alarme - provisão de sinalização de emergência	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos de proteção destinados a extinção inicial do incêndio - elaboração de planos para a extinção inicial do incêndio - treinamento dos usuários para efetuar o combate inicial do incêndio - formação e treinamento de brigadas de incêndio
Limitação da propagação do incêndio	- compartimentação horizontal - compartimentação vertical - controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a compor a compartimentação horizontal e vertical - controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas
Evacuação segura do edifício	- provisão de sistema de detecção e alarme - provisão de sistema de comunicação de emergência - provisão de rotas de fuga seguras - provisão do sistema de iluminação de emergência - provisão do sistema do controle do movimento da fumaça - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos destinados a garantir a evacuação segura - elaboração de planos de abandono do edifício - treinamento dos usuários para a evacuação de emergência - formação e treinamento de brigadas de evacuação de emergência
Precaução contra a propagação do incêndio entre edifícios	- distanciamento seguro entre edifícios - resistência ao fogo da envoltória dos edifícios	- controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos (na envoltória do edifício) - controle da disposição de materiais combustíveis nas proximidades das fachadas

ELEMENTO	PRINCIPAIS MEDIDAS DE PREVENÇÃO CONTRA INCÊNDIO	
	RELATIVAS AO PROCESSO PRODUTIVO DO EDIFÍCIO	RELATIVAS AO USO DO EDIFÍCIO
Precaução contra o colapso estrutural	- resistência ao fogo dos elementos estruturais - resistência ao fogo da envoltória do edifício	---
Rapidez, eficiência e segurança das operações de combate e resgate	- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos - controle das características de reação ao fogo dos materiais incorporados aos elementos construtivos	- controle da quantidade de materiais combustíveis incorporados aos elementos construtivos

Fonte: Berto, A. F. Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios. São Paulo, 1991, Dissertação (Mestrado), p. 26 – FAU/USP.

O comportamento diante do fogo dos materiais combustíveis utilizados como revestimento e acabamento de paredes, tetos e pisos, bem como daqueles incorporados aos sistemas construtivos podem ser conhecidos mediante ensaios laboratoriais. Tais ensaios permitem um controle das características de reação ao fogo que esses materiais apresentam e possibilitam uma seleção deles, de modo a obter-se níveis aceitáveis de segurança contra incêndio, já no processo produtivo do edifício.

Ressalta-se que atualmente existe a Instrução Técnica Nº 10 – Controle de Materiais de Acabamento e Revestimento, parte integrante do Decreto Estadual 46.076, a qual estabelece diretrizes para o uso de materiais combustíveis atreladas às respectivas finalidades.

3. As fases de um incêndio associadas às categorias de risco

Considerando o sistema global de segurança contra incêndio como um conjunto de ações que se comtrapõe ao início do incêndio, o qual resulta das atividades desenvolvidas e das características dos edifícios, ele deve ser estabelecido para cada novo edifício que se conceba, sendo específico para as particularidades do risco de incêndio que se deseja restringir.

Os riscos de início, crescimento e propagação do incêndio estão diretamente relacionados à evolução do incêndio no edifício e à sua propagação para os edifícios adjacentes.

A evolução do incêndio é caracterizada por três fases: a fase inicial (primeira fase), a fase de inflamação generalizada (segunda fase) e a fase de extinção (terceira fase). A figura 1 apresenta a evolução típica de um incêndio com suas três fases características.

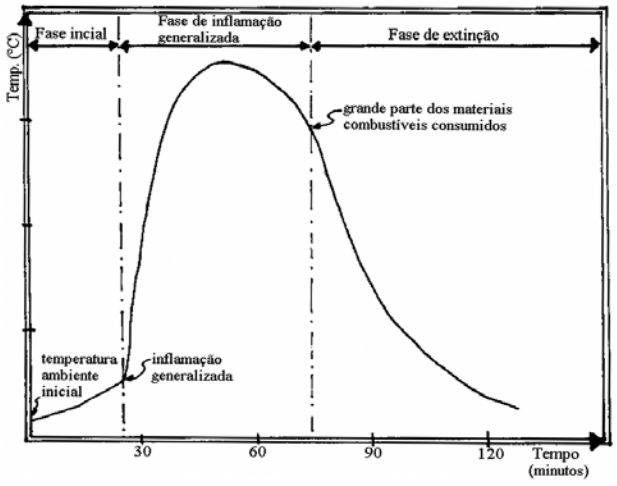


FIGURA 1 - Evolução de um incêndio em um compartimento

Na fase inicial, o incêndio está restrito a um foco, representado pelo primeiro material ignizado e pelos possíveis materiais em suas adjacências. Nessa fase a temperatura do ambiente sofre uma elevação gradual. A seguir, tem-se a fase da inflamação generalizada, caracterizada pelo envolvimento de grande parte do material combustível existente no ambiente, a temperatura sobre elevação acentuada, não sendo possível a sobrevivência no recinto. A fase de extinção é quando grande parte do material combustível existente no ambiente já foi consumido e a temperatura entra em decréscimo.

A maioria dos incêndios ocorre a partir de uma fonte de ignição nos materiais contidos no edifício e não nos materiais incorporados ao sistema construtivo. Uma vez que o material que esteja em contato com a fonte de ignição se decomponha pelo calor, serão liberados gases que sofrem ignição. Quando a ignição está estabelecida, o material manterá a combustão, liberando gases, fumaça e desenvolvendo calor. O ambiente, então, sofrerá uma elevação gradativa de temperatura, e a fumaça e gases quentes serão acumulados no teto, por meio dos fenômenos de condução, radiação e convecção, poderá ocorrer a propagação do fogo para materiais combustíveis que estejam nas adjacências.

A probabilidade de surgimento de um foco de incêndio a partir da interação dos materiais combustíveis trazidos para o interior do edifício e dos materiais combustíveis integrados ao sistema construtivo caracteriza o risco do início do incêndio.

Caso haja uma oxigenação do ambiente por meio de comunicações (diretas ou indiretas) com o exterior, o fogo irá progredir intensamente, atingindo o estágio de inflamação generalizada. Grande quantidade de fumaça e gases quentes são gerados, e os materiais combustíveis do ambiente, aquecidos por convecção e radiação, inflamar-se-ão conjuntamente. O fogo então atingirá rapidamente sua máxima severidade.

A probabilidade de o incêndio passar da fase inicial para a fase de inflamação generalizada, isto é, a probabilidade de o foco de incêndio evoluir até atingir a inflamação generalizada caracteriza o risco de crescimento do incêndio.

Durante esta segunda fase, os gases quentes e fumaça gerados no local de origem podem ser transferidos para outros ambientes, dentro do próprio edifício, por meio das aberturas de comunicação entre eles. Em função da alta temperatura, o fogo se propagará para esses ambientes com maior rapidez, e os materiais combustíveis ali existentes também se queimarão com rapidez e intensidade maiores, se comparadas ao ambiente de origem.

As altas temperaturas e os gases quentes emitidos por meio das janelas e/ou outras aberturas existentes na fachada ou na cobertura (provocadas pela ruína parcial) ocasionam a propagação do incêndio para os edifícios adjacentes. Com a ocorrência da propagação do fogo entre os ambientes do edifício de origem, os mecanismos de radiação e convecção serão acentuados, provocando uma incidência maior de fluxos de calor nas fachadas dos edifícios vizinhos. Somente quando grande parte dos materiais combustíveis for consumida é que o fogo entrará no processo de extinção.

A probabilidade de propagação do incêndio, a partir da inflamação generalizada no ambiente de origem, para outros ambientes e/ou edifícios adjacentes caracteriza o risco da propagação do incêndio.

A geração de fumaça e de gases tóxicos, a redução da quantidade de oxigênio disponível e o calor desenvolvido em estágios mais avançados são fatos característicos das distintas fases do incêndio e que oferecem risco à vida humana.

A probabilidade de os fenômenos associados ao incêndio (fumaça, gases nocivos, calor e falta de oxigenação) provocarem lesões aos ocupantes do edifício, tanto os usuários como as pessoas envolvidas no salvamento e no combate, define o risco à vida humana.

O risco à propriedade está presente desde o momento do início do incêndio e pode evoluir gradativamente atingindo a inflamação generalizada no ambiente e a propagação do fogo para outros ambiente e edifícios vizinhos. A fumaça, os gases quentes e o calor danificam os materiais e equipamentos contidos no edifício, assim como o próprio edifício (ou seja, os seus elementos construtivos) e os edifícios adjacentes. Portanto o risco à propriedade é caracterizado pela probabilidade de ocorrência desses fatores.

Quanto mais suscetível for o sistema construtivo à ação do incêndio, maior será o risco à propriedade. O colapso estrutural de partes do edifício pode implicar danos à áreas não atingidas pelo fogo e também à edifícios vizinhos.

De acordo com o exposto, as cinco categorias de risco apresentam-se intimamente interrelacionadas. Qualquer dispêndio para o controle de uma delas redunda no controle das outras, exceto quando se refere ao

risco à vida humana, pois esta é conseqüência do controle de todas as outras categorias e beneficia-se de todos os controles efetuados. Por se tratar da categoria mais importante, o risco à vida humana incentiva o controle das outras quatro categorias de risco. Ele também justifica quaisquer controles extras que não resultam em benefícios aos demais riscos como, por exemplo, o controle da evacuação segura do edifício.

4. A evolução do incêndio e sua relação com os materiais

MARTIN E PERIS (1982) relacionam as fases de evolução de um incêndio coma contribuição que os materiais combustíveis podem ocasionar em função das características de ração ao fogo que apresentam. Também consideram a importância da resistência ao fogo[3] que os elementos construtivos devem possuir, conforme aparece na tabela 2.

Tabela 2- Fases de um incêndio e sua relação com os materiais

FASES	EVOLUÇÃO CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS ENVOLVIDOS
FASE 1	Fonte localizada: calor desenvolvido limitado **Reação ao fogo:** - incombustibilidade - inflamabilidade
FASE 2	Propagação do incêndio **Reação ao fogo:** - incombustibilidade - inflamabilidade - propagação de chamas - transmissão de calor Resistência ao fogo
FASE 3	**Reação ao fogo**: Pânico - vítimas **Resistência ao fogo:** - medidas de extinção - salvamento: pessoas e bens

Fonte: MARTÍN e PERIS Comportamiento al Fuego de Matriales y Estructuras, 1982, p.22.

Um incêndio, geralmente, apresenta uma fase inicial (fase 1), na qual um aumento excessivo de temperatura dá início à combustão de um material ali existente. Essa é uma fase localizada, na qual o calor desenvolvido é limitado e facilmente controlável.

Na **fase 1**, a reação ao fogo de um material é de extrema importância, ou seja, são fundamentais a forma e a magnitude com que o material libera o calor. Esse calor pode aumentar a velocidade das moléculas do próprio material, ocasionando o desprendimento de gases para a superfície. Esses gases podem atingir uma concentração ótima, permitindo sua inflamação e propagação para os materiais combustíveis que estejam nas adjacências.

Na **fase 2**, a da inflamação generalizada no ambiente de origem, o calor liberado e as conseqüentes chamas originárias da fonte incumbem-se da propagação do fogo para os materiais combustíveis vizinhos, como uma reação em cadeia. A reação ao fogo nessa fase, assim como na fase 1, apresenta imprescindível importância para retardar a ocorrência da inflação generalizada. Também nesta fase é fundamental a consideração da resistência ao fogo dos elementos construtivos (portas, vedações, selagens, etc.), aos quais é atribuída a função de compartimentação de áreas.

Na **fase 3**, o incêndio já consumiu a maioria dos materiais combustíveis existente no ambiente. Não importa a forma com que o calor é liberado ou como as chamas estão se desenvolvendo. É nessa fase que se coloca em prova a resistência ao fogo dos materiais, pois nela os elementos e componentes têm que desempenhar a função para a qual foram projetados, mantendo-se íntegros e estáveis durante um período predeterminado.

[3] Habilidade com que um elemento atende, por um período de tempo requerido, à suas funções portantes, integridade e/ou isolamento térmico, especificados em método de ensaio de resistência ao fogo, conforme descrito na norma ISO 834 – *Fire resistance tests – Elements of building construction* (ISO/GUIDE52/TAG5, 1990).

4.1. A REAÇÃO AO FOGO E AS FASES DO INCÊNDIO

Se observarmos um incêndio desde a sua primeira fase, nota-se que a reação ao fogo dos materiais é a grande protagonista do sinistro. O odor liberado, a fumaça desenvolvida, a solicitação de socorro aos bombeiros, etc., ocorrem em função da reação ao fogo dos materiais.

Já na segunda fase de desenvolvimento do incêndio, tanto a reação coma a resistência ao fogo desempenham papéis importantes devido à propagação de chamas pelos ambientes do edifício de origem e pelos edifícios adjacentes, por meio de portas, janelas, *chafts* ou qualquer outra abertura constante nas paredes e/ou tetos.

Na terceira fase, a reação ao fogo dos materiais já produziu seus efeitos, e o local incendiado fica à mercê da resistência ao fogo dos elementos que constituem o edifício (elementos estruturais, elementos de compartimentação horizontal e vertical, tetos, pisos, etc.). Nessa fase, a resistência ao fogo dos elementos tem um papel decisivo no salvamento de bens e pessoas.

Em resumo, pode-se dizer que as chamas, a fumaça, o calor desenvolvido, o número de vítimas, o pânico dos usuários e a severidade do incêndio estão relacionados com a reação ao fogo dos materiais combustíveis contidos no edifício e os agregados ao sistema construtivo. Já a integridade dos elementos e estruturas, a dificuldade de propagação do fogo entre compartimentos, a eficácia da atuação dos elementos de extinção e as possíveis vidas resgatadas e bens salvados dependem da resistência ao fogo dos elementos que compõem o edifício e da sua própria estrutura.

5. O conceito de reação ao fogo dos materiais

As características do comportamento dos materiais construtivos diante do fogo podem desempenhar papel preponderante na evolução de um eventual incêndio, dificultando ou contribuindo para que um estágio crítico seja alcançado. Tais características dizem respeito à facilidade com que os materiais sofrem ignição, à capacidade de sustentar a combustão, à rapidez com que as chamas se propagam pelas superfícies, à quantidade e taxa de desenvolvimento de calor liberados no processo de combustão, ao desprendimento de partículas em chama/brasa e ao desenvolvimento de fumaça e gases nocivos. A reação ao fogo está relacionada íntima e diretamente com a combustão do material e aos produtos por ela liberados.

A geometria, os produtos desenvolvidos no processo de pirólise[4] e as propriedades termodinâmicas são características intrínsecas aos materiais e controlam sua ignição. A natureza da fonte de ignição e as condições a que o material esteja exposto são fatores externos que também participam da sua ignição.

O material, uma vez ignizado, coloca à prova a sua capacidade de não mar a combustão. Os fatores que regem essa capacidade estão centrados no alto desenvolvimento de calor radiante da chama, na baixa capacidade calorífica do material, na inércia térmica oferecida pelo material, na baixa temperatura de pirólise e no baixo calor endotérmico da pirólise (BERTO, A.F. Apostila do Curso de Engenharia de Segurança – UNIP, 1997). Esses fatores também estão diretamente relacionados com a definição da rapidez de propagação das chamas sobre a superfície do material ignizado.

A contribuição que os materiais combustíveis incorporados aos sistemas construtivos pode oferecer para o desenvolvimento de uma situação de incêndio, por meio da ignição e sustentação da combustão, do desenvolvimento de calor, da propagação das chamas, do desprendimento de partículas em chama/brasa e do desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos é denominada reação ao fogo dos materiais.

5.1. VARIÁVEIS QUE DETERMINAM A REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS

As características de reação ao fogo dos materiais podem ser determinadas em laboratório, de modo isolado, mediante condições padronizadas que visam reproduzir determinados momentos de um incêndio.

Na seleção de materiais incorporados aos elementos construtivos, devem ser evitados aqueles que se ignizem com facilidade e possuam capacidade de sustentar a combustão. Desse modo, reduz-se a probabilidade de o incêndio ter início nos materiais que compõem os edifícios.

[4] Decomposição pelo calor (DICIONÁRIO AURÉLIO, 1ª. ed.,12ª.impressão).

MARTÍN e PERIS (1982) consideram as seguintes variáveis em um material, as quais se interrelacionam diretamente com o fogo:

a) combustibilidade.

b) poder calorífico.

c) inflamabilidade.

d) propagação de chama.

e) inflamação generalizada.

f) produção de gases nocivos.

g) densidade ótica da fumaça.

A combustibilidade classifica o material por sua capacidade de manter-se em combustão. Dada a amplitude dessa definição, há dificuldade em estabelecer se um material é combustível ou não. Tanto que a classificação, segundo os métodos de ensaio utilizados pelos diversos países que a consideram, é bastante distinta (MARTIN e PERIS, 1982).

O ISO/GUIDE52/TAG5 (1990) define a combustibilidade como "a susceptibilidade de um material se queimar".

O poder calorífico é a quantidade de calor que o material libera por unidade de peso quando submetido a uma combustão completa (MARTIN e PERIS, 1982). Essa mesma definição é a descrita no ISO/GUIDE52/TAG5 (1990).

ROSSO (1975) também assume esta definição de poder calorífico, porém alerta para a existência do poder calorífico superior e inferior. O poder calorífico superior é aquele em que é considerada a quantidade de calor gerado pela água que compõe o material, por meio da condensação do vapor d'água desprendido durante o processo de combustão. Quando esse calor de condensação não for admitido, temos o poder calorífico inferior.

Deve-se ressaltar que parte do calor liberado na combustão de um material é absorvida novamente pelo fogo e pelos materiais adjacentes inflamados. Portanto o desenvolvimento do fogo é dado em função do poder calorífico dos materiais combustíveis existentes no local.

A inflamabilidade é definida por MARTÍN; PERIS (1982) como "a facilidade de que um material para desprender gases que venham ignizar-se em chamas". A inflamabilidade depende, essencialmente:

a) da radiação a que o material está exposto.

b) da constituição física do material, ou seja, da facilidade com que os gases se desprendem do material para seu exterior.

c) da temperatura de ignição do material, isto é, da temperatura na qual o material libera gases que atinjam uma concentração suficiente para provocar sua ignição, quando exposto a uma chama.

O ISO/GUIDE52/TAG5 (1990) define a inflamabilidade como "a capacidade de um material ou produto queimar em chamas sob condições específicas de ensaio".

Considerando-se o que foi explanado com relação à combustibilidade, ao poder calorífico e à inflamabilidade, pode-se dizer que para a ocorrência de uma inflamação, tanto a fonte de calor como o material devem cumprir certas condições, de tal maneira que para um determinado material com uma determinada forma de apresentação, existe uma fonte de calor ótima que o inflama. Por isso, deve-se ter muita cautela quando se falar de métodos de ensaio, porque um método de ensaio que utiliza a mesma fonte de calor para variados tipos de materiais pode vir a fornecer valores enganosos, pois em tal situação determinados tipos de produto, em suas respectivas formas de apresentação, podem ser beneficiados.

A velocidade de propagação superficial de chama dá a idéia de como o fogo avança sobre a superfície do material e é um dos critérios mais interessantes que deve ser levado em consideração. Essa velocidade é bastante distinta segundo a posição do material, sendo menor na posição horizontal e consideravelmente maior na posição vertical, pois assim a frente da chama avança sobre a superfície do material que não se encontra em combustão.

Com base nos incêndios ocorridos no Brasil, pode-se afirmar que a diferença entre um pequeno e um grande incêndio é atribuída à propagação das chamas.

Os princípios da transmissão de calor, as características dos produtos combustíveis inseridos ou incorporados ao ambiente, bem como a distribuição desses produtos são fatores que permitem uma previsão da propagação do incêndio, porém ainda assim não é possível mensurá-la quantitativamente.

ROSSO (1975), apresenta três tipos de propagação: transversal, superficial e pós-combustão:

"A propagação transversal é aquela que se desenvolve no sentido da profundidade e se dá por condução, atingindo as sucessivas camadas do material. A propagação superficial, considerada fundamental variável da reação ao fogo, é dada como o alastramento da combustão na superfície do material".

A inflamabilidade e a propagação superficial estão intimamente relacionadas, porém o fenômeno da propagação ocorre em sua maior parte independentemente, pois está condicionada à: incidência e intensidade de radiações externas; à incidência e intensidade de radiações emitidas pela parte já atingida do material e ao calor transmitido por convecção e condução da temperatura (ROSSO, 1975):

"A pós-combustão ocorre com freqüência em materiais com estrutura alveolar, depois de finalizada a combustão viva, e envolve uma série de fenômenos notadamente complexos. É uma característica pouco conhecida para servir de critério de caracterização da reação ao fogo, porém deve ser considerada quando na operação de rescaldo do incêndio."

O fator inflamação generalizada *(flash-over)* considera a inflamação por toda a superfície do material num mesmo instante, quando o mesmo encontra-se submetido a uma radiação. Tal variável deve ser estudada, principalmente para materiais excessivamente inflamáveis.

O ISO/GUIDE52/TAG5 (1990) define inflamação generalizada *(flash-over)* como "uma rápida transição para uma combustão deflagrada de toda a superfície dos materiais combustíveis dentro de um ambiente".

O tempo para a ocorrência da inflamação generalizada é extremamente importante para a segurança da vida humana e da propriedade, pois indica o máximo período que se tem para escapar do local incendiado ou para se conseguir a extinção inicial do incêndio. Portanto já no projeto do edifício (processo produtivo), deve-se controlar os fatores que interferem na inflamação generalizada, de forma a dificultar ao máximo sua ocorrência.

Esforços devem ser despendidos para que o incêndio seja controlado antes que ocorra a inflamação generalizada dos materiais e componentes construtivos incorporados ao edifício, pois uma vez atingido o flash-over o incêndio está declarado e resta apenas o trabalho de combate por parte dos bombeiros e/ou brigadistas, visando abaixar a temperatura com maior rapidez.

Segundo MARTÍN e PERIS (1982), em um ambiente com oxigênio em abundância, a inflamação generalizada ocorre em um tempo máximo de 20 minutos após o início do incêndio.

A definição estabelecida pelo ISO/GUIDE52/TAG5 (1990) para a densidade ótica de fumaça é "a mensuração da fumaça produzida por um corpo-de-prova de uma determinada amostra de material ou produto, tendo-se conhecimento da densidade ótica e dos fatores característicos do método de ensaio especificado".

A densidade ótica em papel importante interfere na evacuação de pessoas e na produção de vítimas. Seus efeitos negativos são contundentes, já que tanto a evacuação de pessoas como o trabalho do corpo de bombeiros (nas operações de salvamento, combate e resgate) ficam prejudicados pela falta de visibilidade. Sua ação química sobre o organismo humano é mais intensa por, geralmente, estarem acompanhadas de gases tóxicos.

A fumaça é definida como "uma concentração visível de partículas de sólidos e/ou líquidos em suspensão gasosa resultante de uma combustão ou pirólise" (ISO/GUIDE52/TAG5, 1990).

Quanto mais completa for a combustão, mais vivas e claras serão as chamas, e a emissão de fumaça, nesse caso, é pequena. Quando se tem um suprimento de ar incompleto e uma temperatura mais baixa, haverá pouca ou nenhuma chama, porém a geração de fumaça será maior, e será escura e com teor de monóxido de carbono mais elevado.

Os efeitos irritantes da fumaça freqüentemente causam sérias lesões, pois por meio de uma ação física ela atua sobre as mucosas, brônquios e particularmente sobre os olhos.

A propagação da fumaça em um edifício é muito rápida. A fumaça é carreada com os gases quentes, fazendo com que várias áreas sejam permeadas em período muito reduzido, gerando pânico e intoxicando pessoas.

A toxidade da fumaça, juntamente com sua densidade, talvez seja o fator mais crítico dentre os que intervêm na reação ao fogo dos materiais, devido ao elevado número de vítimas que proporciona.

A toxicidade da fumaça gerada pelos materiais quando em combustão é um tópico que vem sendo discutido há alguns anos, porém até hoje não se tem métodos suficientemente precisos e efetivos para uma correta qualificação e quantificação dos gases desprendidos numa situação de incêndio. Alguns países estabeleceram cotas máximas toleráveis pelo corpo humano, porém na prática verifica-se que tais cotas se desviam das reais.

Firmar tais valores é bastante complexo, porém é melhor se ter alguns valores estabelecidos do que simplesmente deixar o problema de lado (MARTÍN e PERIS, 1982).

Os gases tóxicos provocam não só asfixia, intoxicação e lesões nas vias respiratórias, devido à sua composição, como também queimaduras, pois num incêndio eles se encontram em temperaturas elevadas.

O dióxido de carbono (CO_2) é o primeiro gás a ser inalado numa situação inicial de incêndio, em que se tem a combustão completa dos materiais envolvidos. Ele não é tóxico, porém atua de modo a estimular a respiração, fazendo com que a inalação de outros tipos de gases tóxicos seja maior. Se o ar absorvido contiver 2% a 4% de CO_2, o volume de ar respirado triplica, aumentando a velocidade de absorção dos gases tóxicos (MARTÍN e PERIS, 1982). O aumento da velocidade de respiração se dá também em função da angústia a que as vítimas estão submetidas. Além das conseqüências físicas ocasionadas pela intoxicação, tem-se ainda as conseqüências psíquicas, talvez mais graves e que provocam o pânico, o desespero e, enfim, a perda da razão.

Os efeitos provenientes da inalação do monóxido de carbono (CO) afetam as pessoas em função da idade, das condições de saúde e das concentrações e do tempo de exposição. Altas concentrações de CO podem causar vítimas fatais em períodos de exposição reduzidos.

A tabela 2 apresenta os sintomas típicos sofridos pelos humanos quando expostos ao monóxido de carbono, baseados no tempo de exposição e concentração. Os valores e sintomas da tabela 2 foram fornecidos pelo U.S. Consumer Product Safety Commission e são baseados em adultos saudáveis, não podendo ser generalizados para toda uma população devido às diferenças de idade e estados de saúde.

TABELA 2 - Sintomas típicos de exposição ao monóxido de carbono (CO)

CONCENTRAÇÃO (PPM)	SINTOMAS
35	nenhum sintoma adverso dentro de 8 horas de exposição
200	dor de cabeça após 2 a 3 horas de exposição
400	dor de cabeça e náusea após 1 a 2 horas de exposição
800	dor de cabeça, náusea e distúrbios após 45 minutos de exposição; morte em até 2 horas de exposição
1.000	perda da consciência
1.600	dor de cabeça, náusea e distúrbios após 5 a 10 minutos de exposição, perda da consciência após 30 minutos de exposição
12.800	efeitos fisiológicos imediatos, perda da consciência e risco de vida após 1 a 3 minutos de exposição

Fonte: NFPA Jounal, vol.6, no6, Nov/Dec, 1997.

Os gases e fumaça estão presentes desde a primeira fase do incêndio. Quando se dispõe de oxigênio, a combustão dos materiais se dá por completo, ou seja, ao desprendimento de dióxido de carbono (CO_2) ocorre em abundância. O dióxido de carbono não é letal para o homem, porém provoca reações como angústia e tontura, fazendo com que a percepção e os reflexos sejam prejudicados.

À medida que a concentração de oxigênio diminui no ambiente e aumenta a quantidade de fumaça, a combustão dos materiais torna-se incompleta, ou seja, o dióxido de carbono dá lugar ao desenvolvimento de monóxido de carbono (CO). O monóxido de carbono é letal para o homem, pois quando se combina com a hemoglobina do sangue dá origem a carboxihemoglobina, substância não eliminável. Com isso, as pessoas têm conseqüentes desmaios e morrem por asfixia.

A fumaça densa e opaca, muitas vezes rica em gases clorídricos e nitrosos (HCl e HCN) que se desprende principalmente da combustão de materiais sintéticos, provoca irritações nos olhos e dificulta a visibilidade das sinalizações e das saídas de emergência. Com isso, ocorrem quedas das pessoas em fuga e, conseqüentemente, amontoamentos nas rotas de fuga, produzindo uma maior porcentagem de vítimas.

A tabela 3 apresenta o número de vítimas de incêndios nos Estados Unidos por ano, no período de 1979 a 1992, proporcionando valores comparativos de vítimas intoxicadas por inalação da fumaça e por queimaduras (HALL, JR.; 1996).

Tabela 3 - Queimaduras x Inalação da fumaça - Vítimas fatais (1979 - 1992)

ANO	VÍTIMAS FATAIS					
	TOTAL	INALAÇÃO DA FUMAÇA		QUEIMADURA		OUTROS
1979	5.998	3.515	(58,6%)	2.262	(37,7%)	221 (3,7%)
1980	5.822	3.515	(60,4%)	2.079	(35,7%)	228 (3,9%)
1981	5.697	3.501	(61,4%)	2.048	(35,9%)	148 (2,6%)
1982	5.210	3.396	(65,2%)	1.683	(32,3%)	130 (2,5%)
1983	5.039	3.245	(64,4%)	1.654	(32,8%)	140 (2,8%)
1984	5.022	3.277	(65,2%)	1.625	(32,4%)	121 (2,4%)
1985	4.952	3.311	(66,9%)	1.498	(30,3%)	143 (2,9%)
1986	4.835	3.328	(68,8%)	1.415	(29,3%)	92 (1,9%)
1987	4.710	3.307	(70,2%)	1.301	(27,6%)	102 (2,2%)
1988	4.965	3.480	(70,1%)	1.378	(27,8%)	106 (2,1%)
1989	4.723	3.308	(70,0%)	1.311	(27,8%)	103 (2,2%)
1990	4.181	2.986	(71,4%)	1.138	(27,2%)	57 (1,4%)
1991	4.126	2.977	(72,2%)	1.078	(26,1%)	70 (1,7%)
1992	3.966	2.866	(72,3%)	995	(25,1%)	105 (2,6%)
MUDANÇA PERCENTUAL	- 34%		- 18%		- 56%	- 52%

Fonte: NFPA Journal, Nov./Dec, 1996, p.92.

Observa-se que o número total de vítimas decresceu ao longo dos anos, porém o percentual de vítimas fatais por inalação da fumaça apresentou um acréscimo significativo.

Os avanços na área de segurança contra incêndio nos Estados Unidos são crescentes. Pode-se associar o decréscimo no número de vítimas fatais a esse desenvolvimento, quer por implementações normativas e/ou legislativas, quer pela conscientização da população.

No ano de 1992, o número de mortos por inalação de fumaça atingiu valor próximo a 3/4 do número total de mortos ocorridas em sinistros. Este valor superou os 3/5 registrados em 1979 e pode-se observar que existe um acréscimo de um ponto percentual por ano no número de vítimas por inalação de fumaça.

Pode-se também considerar que o aumento do número de vítimas por inalação está ligado ao grande volume de novos materiais sintéticos inseridos nas edificações, seja na forme de objetos de decoração (sofás, poltronas, colchões, tecidos), ou como materiais de acabamento incorporados à edificação (materiais de revestimentos de paredes, tetos e pisos).

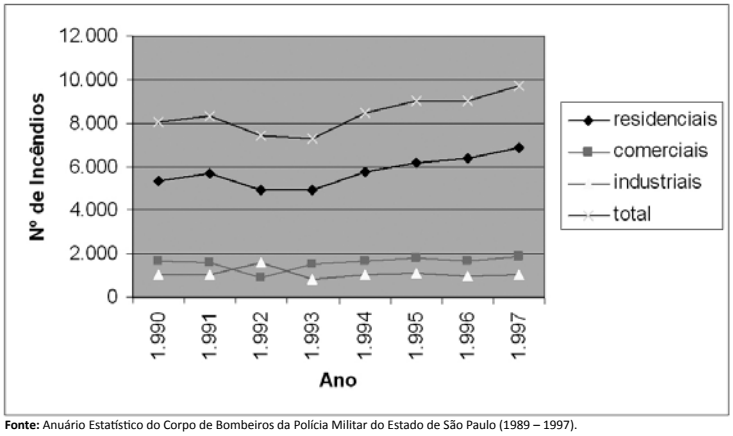
6. A regulamentação contra incêndio e o Poder Público

Nas últimas décadas, o desenvolvimento tecnológico trouxe profundas modificações nos sistemas construtivos. Trata-se da utilização de grandes áreas sem compartimentação, do emprego de fachadas envidraçadas e da incorporação acentuada de novos materiais aos elementos construtivos.

Tais modificações, aliadas ao número crescente de instalações e equipamentos de serviço, introduzem riscos de incêndio que anteriormente não existiam. As regulamentações devem refletir e acompanhar todo e qualquer tipo de evolução que venha a ser introduzida, tanto no processo produtivo como no uso do edifício, contribuindo para a implantação efetiva de um sistema global de segurança contra incêndio.

No Brasil, as perdas por incêndios são pouco conhecidas. A influência das modificações nos sistemas construtivos, contudo, devem ser consideradas relevantes para o acréscimo do número de sinistros, como pode ser comprovado por meio de dados do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, apresentados na figura 2.

	NÚMERO DE INCÊNDIOS / ANO							
TIPO DE EDIFICAÇÃO	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
RESIDENCIAL	5.342	5.670	4.930	4.894	5.729	6.183	6.352	6.833
COMERCIAL	1.654	1.600	901	1.517	1.674	1.780	1.687	1.884
INDUSTRIAL	1.020	1.071	1.586	850	1.041	1.077	993	1.006
TOTAL	8.016	8.341	7.417	7.261	8.444	9.040	9.032	9.723



Fonte: Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo (1989 – 1997).

FIGURA 2 - Registros de incêndio em edificações por tipo de ocupação no Estado de São Paulo

Por meio da regulamentação, são definidas as condições mínimas de segurança contra incêndio que devem ser compulsoriamente atendidas em todos locais e atividades. A ela também são atribuídos os critérios gerais de atuação do poder público visando garantir a suas aplicação.

A regulamentação atua de maneira a satisfazer as partes envolvidas, isto é, atender aos interesses da administração pública, dos consumidores e dos empresários. Ela deve ser de fácil compreensão e prática. Não deve conter detalhes técnicos de dada medida de prevenção e proteção contra incêndio, pois são objeto da normalização.

A normalização, portanto, deve conter detalhes técnicos que providenciam a sustentação da regulamentação. Deve contemplar, especialmente, as condições relativas ao projeto, fabricação/construção, instalação, funcionamento, uso, manutenção e avaliação dos dispositivos utilizados na garantia da segurança contra incêndio dos edifícios.

Assim como a regulamentação, a normalização é resultado do consenso entre as partes envolvidas e os interessados na questão.

Os serviços de avaliação de projetos e acompanhamento da construção, do controle da operação e da manutenção dos edifícios são atividades relacionadas à fiscalização, cujo objetivo é verificar o atendimento à regulamentação.

A fiscalização exige a formação de equipes vinculadas, mesmo que em caráter na oficial, ao corpo de bombeiros e à administração municipal. Tais equipes devem ser constituídas por profissionais especializados, os quais, além da fiscalização, devem estar aptos a resolver solicitações de profissionais do mercado, bem como a esclarecer casos particulares e que não são abordados na regulamentação.

As atividades de educação envolvem a conscientização e o esclarecimento da população em geral, por meio de vínculos de massa, informando a respeito dos perigos do incêndio. A formação geral de trabalhadores também é um quesito importante, pis o risco de incêndio nos locais de trabalho é acentuado. Portanto conscientizar para a importância da prevenção e proteção contra incêndio, durante o uso do edifício, é um parâmetro educacional ligado à formação dos trabalhadores. Destacam-se também a importância da formação de responsáveis pela

segurança contra o incêndio nas empresas e na formação de arquitetos e engenheiros especializados, capacitando para a área pessoal de nível superior.

O serviço de combate ao incêndio deve ser realizado por pessoal capacitado e devidamente treinado. O contingente de pessoal para tal atividade deve ser grande e alocado em número adequado de postos de combate, com o objetivo de minimizar o tempo de chagada ao local onde o fogo está instalado.

O conhecimento aprofundado da segurança contra incêndio e da sistemática de como os incêndios se iniciam, se desenvolvem e se propagam possibilita a interrupção de sua evolução durante as fases iniciais do processo, reduzindo as perdas que poderão vir a ocorrer. Para isso uma ferramenta indispensável e de grande valia é a aquisição, de maneira sistemática, dos dados de incêndio, pois eles, quando tratados de maneira correta, fornecem subsídios essenciais à pesquisa e realimentam todas as frentes de atuação do Poder Público, dinamizando-as, atualizando-as e otimizando-as.

A tabela 4 relaciona a estatística de incêndio e pesquisa coma as demais frentes de atuação do poder público.

TABELA 4 - Atuação da estatística de incêndio e da pesquisa nas demais frentes de atuação do Poder Público

FONTES DE ATUAÇÃO	ATUAÇÃO DA ESTATÍSTICA E PESQUISA
Regulamentação	evidencia a necessidade de alteração e/ou implantação de novos requisitos
Normalização	evidencia a necessidade de aprimoramento e/ou implantação de novas normas
Fiscalização	evidencia a necessidade de concentrar esforços em aspectos que não estão sendo atendidos e que devem ser verificados com mais acurácia
Educação	evidencia a necessidade de criação de campanhas educativas e cursos especializados de formação pessoal
Combate	evidencia falhas no dimensionamento e distribuição do efetivo e equipamentos de combate

Sabe-se que os gastos com prevenção e proteção contra incêndio não apresentam resultados imediatos ou mesmo palpáveis. Isso leva a segurança contra incêndio a ser menosprezada. Portanto é dever do Poder Público estabelecer regulamentações de caráter compulsório, não deixando que o nível de risco de incêndio seja estabelecido por iniciativas de caráter particular, pois, nesse caso, as ações necessárias tenderiam ao subdimensionamento.

7. A importância da classificação dos materiais em relação à reação ao fogo

O fogo coloca em risco tanto a estrutura de um edifício como a vida de seus ocupantes, devido ao desenvolvimento de calor e produção de fumaça e gases oriundos da combustão dos materiais.

As regulamentações que contêm requisitos de segurança contra incêndio, especificamente as de reação ao fogo dos materiais, tratam da verificação do crescimento do fogo e da sua propagação para os ambientes do próprio edifício e também para os edifícios adjacentes.

Conforme já explanado, a proteção contra incêndio está associada à proteção da vida humana e dos bens. Sabe-se que a proteção à vida humana é primordial. Nos dias atuais, contudo, a proteção dos bens também é muito importante, se for levado em consideração o vulto das perdas econômicas que um sinistro pode causar.

As restrições com relação ao uso de materiais combustíveis e as exigências de compartimentações e equipamentos que providenciem a rápida detecção e extinção do fogo são fatores de extrema importância para a proteção dos ocupantes e também para minimizar as perdas de bens.

7.1. O RISCO DE UM INCÊNDIO

O risco de ocorrência de um incêndio é determinado por fatores inerentes a cada edifício e a segurança

desejável para um edifício está diretamente relacionada às categorias de risco e aos objetivos da segurança contra incêndio, bem como aos requisitos funcionais atendidos pelo edifício em estudo.

Os fatores que contribuem para a definição do risco de incêndio são basicamente quatro: características da população do edifício, tipo de ocupação, características construtivas do edifício e localização do edifício.

Para um melhor esclarecimento do significado de cada fator, é pertinente citar algumas variáveis que definem cada um deles:

a) Características da população do edifício

- população total do edifício.
- composição da população fixa e da flutuante.
- condições físicas e psicológicas da população.
- distribuição etária da população.

b) Tipo de ocupação

- natureza das atividades desenvolvidas no edifício.
- materiais combustíveis trazidos para o interior do edifício (carga térmica variável).
- tipos de materiais armazenados e manipulados.
- tipos de equipamentos existentes no edifício.

c) Características construtivas do edifício

- materiais de construção utilizados e técnicas aplicadas.
- tipo de sistema estrutural adotado.
- tipo de instalações de serviço existentes.
- distribuição dos espaços.
- forma do edifício.
- volume do edifício.
- número de pavimentos.
- área total do edifício.
- área de cada pavimento.
- aberturas de ventilação.
- materiais combustíveis destinados a resvestimento/acabamento de paredes, tetos e pisos e/ou incorporados aos sistemas construtivos (carga térmica fixa).

d) Localização do edifício

- situação com relação às divisas do lote.
- largura das ruas e outras condições de acesso.
- distância do posto de bombeiros mais próximo.
- abastecimento de água para o combate.
- meios de comunicação com o corpo de bombeiros.

A avaliação dos materiais com relação ao seu comportamento diante do fogo, ou seja, a reação ao fogo dos mesmos, mostra-se necessária de grande valia, pois envolve variáveis que estão diretamente associadas aos fatores que definem o risco de incêndio. Por meio dessa avaliação, torna-se possível atuar de maneira preventiva durante o processo produtivo do edifício, reduzindo-se os riscos causados pelo incêndio.

7.2. OS ENSAIOS DE REAÇÃO AO FOGO

7.2.1. O DESENVOLVIMENTO DOS ENSAIOS

A reação frente ao fogo dos materiais utilizados como acabamento/revestimento e dos incorporados aos sistemas construtivos tem sido estudada e enfatizada pelas autoridades competentes desde a década de 40. Os

diferentes métodos de ensaio adotados possibilitam a identificação de importantes características que os materiais apresentam diante de uma situação de incêndio.

A maior parte dos ensaios indicados nas regulamentações é realizada em escala reduzida e visa à determinação das seguintes características: propagação superficial de chama, desenvolvimento de fumaça, incombustibilidade e desenvolvimento de calor.

Os ensaios de reação ao fogo inicialmente desenvolvidos tinham como base situações específicas de um incêndio. Como exemplo, podemos citar o ensaio que precede os métodos modernos para a determinação da propagação das chamas, que foi desenvolvido entre os anos 30 e 40 e utilizava uma fonte de calor (chamas ou calor radiante) aplicada aos materiais a serem utilizados. Esses materiais eram dispostos de maneira a configurar um canto e representavam, o mais fielmente possível, uma situação de uso e eram denominados de ensaios livres.

Com o desenvolvimento tecnológico, mudanças foram introduzidas também nos ensaios de reação ao fogo, e os ensaios livres passaram a ser realizados em ambientes fechados, ou seja, ambientes que simulavam o local da eventual ocorrência do sinistro. Esses ensaios passaram, então, a serem chamados de ensaios enclausurados ou ensaios de caixa.

Os ensaios enclausurados, quando comparados aos livres, demonstram-se mais severos, pois o calor gerado pela combustão fica retido no ambiente, afetando de modo mais contundente os materiais ali expostos.

Por meio de alguns ensaios, consegue-se determinar mais de uma característica de reação ao fogo. Resultados individuais podem, algumas vezes, serem utilizados de maneira independente, porém a importância atribuída a cada um deles pode ser variada. Em outros ensaios, os resultados podem ser combinados empiricamente, de modo a gerar um índice que denota o comportamento do material diante do fogo.

Apesar do grande número de ensaios de reação ao fogo existentes, e que foram concebidos de diferentes maneiras, nota-se que todos eles têm em comum a determinação das mesmas características. Entretanto o correlacionamento entre os resultados promovidos por esses ensaios é muito difícil e algumas vezes impossível. Isso gera dificuldades, tanto para os fabricantes como para as autoridades competentes envolvidas. Problemas adicionais, como a aceitação dos resultados em nível internacional, também são gerados, bem como a criação de barreiras mercadológicas.

7.2.2 O DESENVOLVIMENTO E CRESCIMENTO DO INCÊNDIO ASSOCIADOS ÀS PROPRIEDADES DE REAÇÃO AO FOGO DOS MATERIAIS

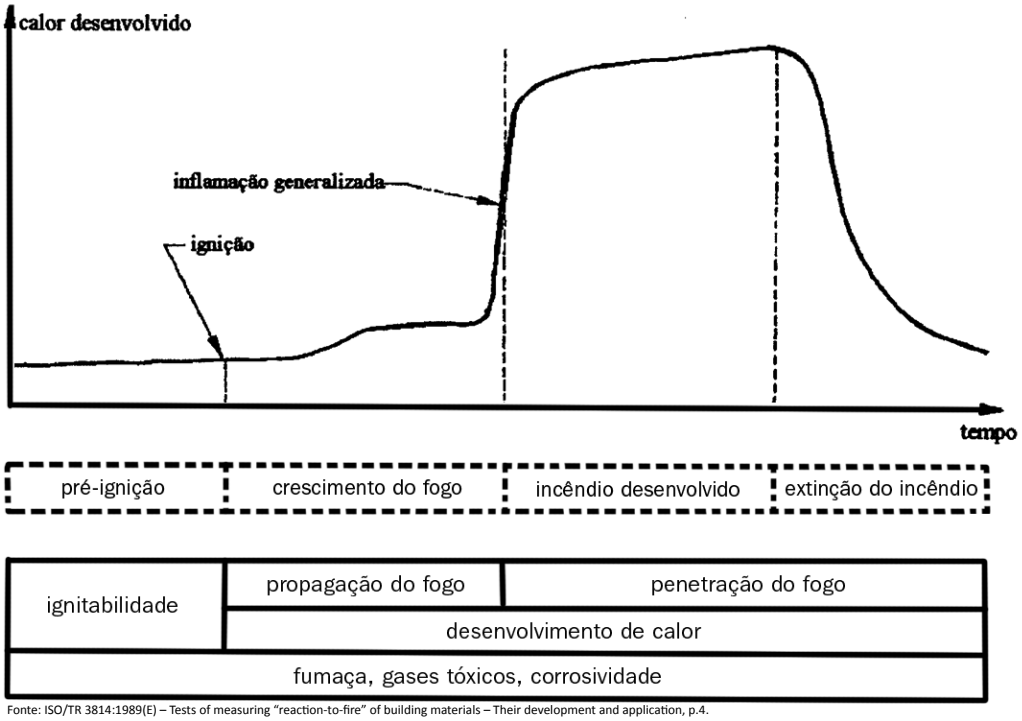
É provado, por meio de estatísticas, que a maioria dos incêndios tem início por meio da ignição dos materiais trazidos para o interior do edifício e não nos agregados ao mesmo. Contudo, todos os materiais combustíveis presentes, sejam os trazidos para o interior do edifício, sejam os utilizados como acabamento/revestimento de tetos, paredes e pisos ou os incorporados aos sistemas construtivos, podem contribuir para o desenvolvimento do fogo.

Os materiais combustíveis podem envolver-se em variadas fases dos incêndios. Como conseqüência os ensaios de reação ao fogo devem apresentar diferentes níveis de exposição, simulando as fases do incêndio, desde seu início (primeira fase) até quando ele se mostra completamente desenvolvido (segunda fase).

A classificação visa avaliar o comportamento do material ainda na primeira fase, ou seja, antes do momento de ocorrência da inflamação generalizada, podendo-se, desse modo, controlar os riscos de crescimento e propagação do fogo no ambiente de origem. Como conseqüência, tem-se o prolongamento do tempo para o ingresso na segunda fase do incêndio, favorecendo a fuga dos ocupantes e as operações de combate e resgate, ainda na primeira fase.

A figura 3 apresenta as fases de um incêndio associadas às propriedades de reação ao fogo como, por exemplo: a ignitabilidade, a propagação das chamas e o calor desenvolvido.

O comportamento dos materiais ao fogo é, de maneira geral, muito complexo e não depende apenas da composição química deles. A sua forma física, a área superficial exposta, a inércia térmica e a orientação (vertical ou horizontal) são fatores que influenciam no desempenho dos materiais, quando submetidos a uma fonte de calor.



Fonte: ISO/TR 3814:1989(E) – Tests of measuring "reaction-to-fire" of building materials – Their development and application, p.4.

FIGURA 3 - Fases de um incêndio associadas às características de reação ao fogo

Deve-se ressaltar que o ambiente e os tipos de serviços ali desenvolvidos, a intensidade de uma provável fonte de ignição e o tempo de sua aplicação e ainda as condições de ventilação durante o processo de combustão podem influenciar decisivamente no comportamento dos materiais diante do fogo.

Os fatores intrínsecos ao material e ao meio em que ele está inserido devem ser levados em consideração tanto para a adoção dos métodos como para sua interpretação, pois por meio deles são obtidos valores que permitem estimar o potencial de risco.

Hoje, no Estado de São Paulo, dispomos de uma regulamentação bastante completa, a qual institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco. Trata-se do Decreto Estadual nº 46.076, publicado em 1º de setembro de 2001, provido de 38 Instruções Técnicas que orientam e consagram as medidas de segurança contra incêndio.

A Instrução Técnica de nº 10 dispõe sobre o "Controle de Materiais de Acabamento e de Revestimento" empregados nas edificações, por meio de uma classificação quanto à reação diante do fogo que apresentam. Para tal, são estabelecidos três ensaios básicos, quais sejam:

- Ensaio de incombustilibidade, regido pela ISO1182.
- Ensaio de propagação superficial de chama, regido pela NBR9442.
- Ensaio de determinação da densidade ótica de fumaça, regido pela ASTM E 662.

7.2.3. ENSAIO PARA A VERIFICAÇÃO DA INCOMBUSTIBILIDADE DOS MATERIAIS

Verificar se um material pode sofrer ou não ignição e contribuir para o crescimento do fogo é de extrema importância, isto é, a sua classificação como combustível ou como incombustível é imprescindível para uma seleção.

Por meio do ensaio proposto pela ISO 1182 – *Fire tests – Building materials – Non-combutibility test*, é possível conhecer quais materiais não irão contribuir para os riscos de crescimento e propagação do incêndio. Ele foi desenvolvido para selecionar materiais que produzem reduzida quantidade de calor e não se ignizam, quando submetidos a temperaturas próximas a 750ºC.

Trata-se de método prático e de boa repetibilidade. A elevação da temperatura, a ocorrência de chamejamentos e a perda de massa sofrida pelo material são os critérios por ele verificados.

Neste ensaio, corpos-de-prova cilíndricos são colocados, um a um, no interior de um forno (ver figura 4) que se encontra a 750ºC, para que sejam analisados os critérios por ele verificados. Vale ressaltar que o corpo-de-prova encontra-se devidamente instrumentado para a verificação de variações de temperatura que poderá vir a sofrer, tanto o próprio material como o ambiente em que encontra-se inserido.

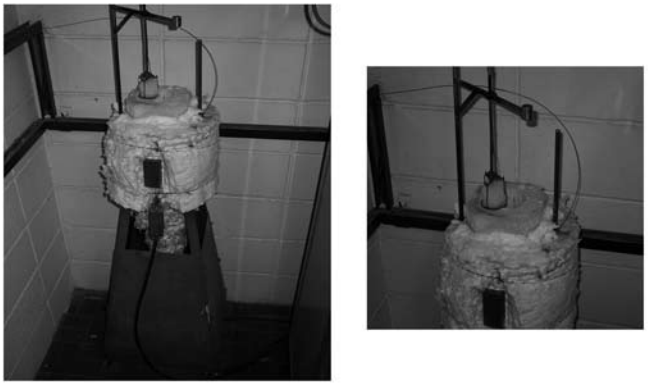


FIGURA 4 - Equipamento para ensaio de "incombustibilidade"

A elevação de temperatura do material e a sua capacidade de manter a combustão em chamas são verificações diretas que denotam, de imediato, sua combustibilidade. A perda de massa aplica-se principalmente para materiais que apresentem densidade reduzida, e/ou sejam muito inflamáveis e desenvolvam, num tempo ínfimo, altas temperaturas, as quais podem não ser registradas pelo equipamento. Nesses casos, a perda de massa costuma ser considerável, o que classificaria o material como combustível.

O Anexo A da ISO 1182 propõe limites, já consagrados, para os três critérios utilizados na classificação de um material como incombustível:

- a perda de massa deverá ser inferior a 50%, quando comparada à massa inicial.
- a elevação de temperatura não poderá superar 50ºC em qualquer ponto de medição estabelecido.
- os chamejamentos não devem ser sustentados por períodos de tempo superior a 20 segundos.

7.2.4. ENSAIO PARA A VERIFICAÇÃO DA PROPAGAÇÃO SUPERFICIAL DE CHAMAS

O ensaio utilizado para a determinação da propagação superficial de chama conforme estabelecido na NBR 9442 – Materiais de Construção – Determinação do índice de Propagação Superficial de Chama pelo Método do Painel Radiante pode ser considerado completo, pois por ser em escala reduzida é prático, de fácil execução e apresenta boa reprodutibilidade.

Considera-se que esse pé um ensaio completo porque o índice de propagação superficial (Ip) obtido envolve a determinação e composição dos fatores de evolução do calor (Q) e de propagação de chama (Pc).

O fator de evolução de calor é a relação entre a variação da temperatura no ensaio, devida a queima do material, e a razão de desenvolvimento do calor (β). O valor de β é obtido como uma constante do aparelho e é determinado por meio de sua calibração. Ele corresponde a elevação média da temperatura da chaminé por unidade de calor injetado.

O fator de propagação de chama (Pc) considera a velocidade com que a mesma percorre a superfície do material, dento das condições do ensaio.

Neste ensaio, o material é disposto inclinado a 30º, em frente a um painel radiante, calibrado para fornecer um fluxo de energia térmica variando de, aproximadamente, 3W/cm² (na região do corpo-de-prova mais próxima ao painel) até 0,78W/cm² (na região do corpo-de-prova mais distante do painel), por um período de 15 minutos. Uma chama piloto, posicionada na porção superior do corpo-de-prova, é aplicada desde o início do ensaio. Caso

ocorra a ignição, a propagação da chama sobre a superfície do material é facilmente acompanhada, pois a frente da chama corre no sentido oposto, isto é, de cima para baixo; não existe interferência de labaredas sobre a superfície que ainda não se ignizou. A figura 5 ilustra o equipamento.

FIGURA 5 - Equipamento de ensaio para a verificação da propagação superficial de chama e detalhe de corpo-de-prova durante processo de combustão

7.2.5. ENSAIO PARA A VERIFICAÇÃO/DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE ÓTICA DE FUMAÇA

O desenvolvimento de fumaça e gases tóxicos está presente durante todas as fases de um incêndio e, dependendo das condições em que a combustão dos materiais se processa, poderão ser desenvolvidas diversas substâncias, nas mais variadas concentrações.

Considerando as dificuldades em definir os valores letais dos produtos tóxicos liberados na combustão para se estabelecer uma seleção confiável dos materiais, essa variável, de certo modo, vem sendo pouco considerada. Deve-se registrar, contudo, que a capacidade de obscurecimento da fumaça gerada pode oferecer dificuldades com relação à visão humana.

Conceitualmente, a determinação da densidade ótica da fumaça é realizada por meio da medição da opacidade que a mesma oferece, quando disposta entre uma fonte luminosa e um receptor que registra a transmitância de luz recebida.

O Decreto Estadual 46.076 utiliza-se da norma ASTM E 662 – *Specific optical density of smoke generatad by solid materials.*

Este ensaio determina a densidade ótica gerada por materiais sólidos com espessuras de até 25mm. A densidade é medida em função da diminuição da intensidade de um feixe de luz (opacidade) que atravessa um ambiente preenchido com fumaça gerada pelo material em combustão, sob condições padronizadas e distintas de exposição, associadas à fase compreendida entre o início do incêndio e a inflamação generalizada (ver figura 6).

FIGURA 6 - Equipamento de ensaio para a determinação da densidade ótica específica da fumaça e detalhe da câmara de combustão

As exposições distintas referem-se à disposição do material em frente de uma mesma fonte de radiação, porém uma delas com uma chama piloto.

Por se tratar de um ensaio em pequena escala, é um método bastante prático, e sua repetibilidade e reprodutibilidade são confiáveis.

O estabelecimento de valores máximos aceitáveis é obtido a partir do obscurecimento que a fumaça ofereça, diante da visão humana. Como exemplo, o Underwriter Laboratories Inc. realizou ensaios preenchendo uma sala com a fumaça proveniente da queima de determinado material. Essa sala continha sinais luminosos de emergência como os utilizados em uma edificação. Foram anotados os tempos, em função dos vários estágios se opacidade causados pelo acúmulo de fumaça. Utilizando-se desses ensaios, chegou-se a um valor considerado tolerável de 450 (LATHROP, 1991).

O Decreto Estadual nº 46.076 utiliza-se de dois valores, ou seja, o de 450, conforme acima citado, e o de 300, tendo como objetivo evitar, ainda na primeira fase do incêndio, o rápido obscurecimento dos caminhos de fuga (BERTO, 1998).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials*. ASTM E 662. Philadelphia: 1995.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Materiais de construção - ensaio de propagação superficial de chama - método do painel radiante.* NBR 9442. Rio de Janeiro: 1986.

• BERTO, A. F. *Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios.* São Paulo, 1991. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

• BERTO, A. F. *Reação ao fogo*. São Paulo, 1997. (Apostila do Curso de Engenharia de Segurança do Trabalho – UNIP/ não publicado).

• BERTO, A. F. *Segurança ao fogo.* In: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. Divisão de Engenharia Civil. Critérios mínimos de desempenho para habitações térreas de interesse social. São Paulo: 1998. p.19-24 (texto para discussão).

• HALL JR., J. R. *Combustion toxicity?* NFPA Journal, v.91, n.6, p.90-101, Nov/Dec. 1996.

• INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Building materials – non-combustibility Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials – ISO 1182.* Switzerland; 1989.

• *Fire-resistance tests – elements of building construction – ISO TR 834-3.* Switzerland; 1994.

• *Glossary of fire terms and definitions – ISO Guide 52.* Switzerland: 1990.

• *Tests for measuring "reaction to fir" of building materials – their development and application – ISO TR 3814.* Switzerland: 1989.

• MARTÍN, L.M.E.; PERIS, J.J.F. *Comportamiento al fuego de materiales y estructuras.* Madrid, Laboratorio de Experiencias e Investigaciones del Fuego, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, 1982.

• ROSSO, T. *Incêndios e Arquitetura.* São Paulo: FAUUSP, 1975.

• SÃO PAULO (Estado). Polícia Militar do Estado de São Paulo. Departamento de Operações e Defesa Civil. *Anuário estatístico do Corpo de Bombeiros.* São Paulo: 1989/1997.

• SÃO PAULO (Município). Leis, etc. *Decreto nº 32.329, de 23 de setembro de 1992, que regulamenta a Lei nº 11.228, de*

25/06/1992, sobre o código de obras e edificações, e dá outras providências. In: BLOCH, L.L.;BOTELHO.M.H.C. (org.) Código de obras e edificações do município de São Paulo: comentado e criticado. São Paulo: Pini, 1992.

• SÃO PAULO (Estado). *Leis, etc. Decreto nº 46.076, de 31 de agosto de 2001, que regulamenta a Lei nº 684, de 30/09/1975, sobre a segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco, e dá outras providências*. In: Revista Incêndio. São Paulo: 2002.

VI
ENSAIOS LABORATORIAIS

Dr. Alexandre Itiu Seito
GSI NUTAU USP

1. Introdução

As grandes questões do desempenho dos componentes da edificação têm encontrado soluções nos laboratórios quando os materiais, produtos e sistemas são ensaiados e sua conformidade é verificada com as normas técnicas. Esse procedimento é fundamental para o desempenho da segurança contra incêndio em edificações.

A exigência de ensaios laboratoriais pelos regulamentos compulsórios também vem contribuindo para a melhoria da segurança contra incêndio da edificação.

O número cada vez mais expressivo de normas técnicas de desempenho de produtos, sistemas e instalações, além das normas de vistoria e manutenção, editada pelo CB-24 Comitê Brasileiro de Segurança contra Incêndio, demonstra o avanço da área técnica na prevenção de incêndio e proteção contra incêndio.

Tanto o regulamento compulsório como as normas técnicas vêm exigindo que os laboratórios se modernizem para atender a essa realidade brasileira.

Os laboratórios de reação ao fogo e resistência ao fogo existentes no Brasil são: Laboratório de Ensaios de Fogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) do Estado de São Paulo e o Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído (LASC) de Furnas Centrais Elétricas, em Aparecida de Goiânia, em Goiás.

O laboratório de resistência ao fogo está ainda incompleto pela falta de fornos para vedação horizontal (lajes e vigas) e para pilares em ambas as instituições.

O IPT tem infra-estrutura para ensaios de chuveiros automáticos (splinklers), mangueiras para combate a incêndio, ensaio de fogo de extintores portáteis e ensaio de fogo de alguns itens dos detectores de incêndio.

Faltam ainda laboratórios para vários itens da segurança contra incêndio, tais como: EPI – equipamentos de proteção respiratória, guarnições de combate a incêndio, escadas, botinas, cintos, roupas para combate a incêndio, LGE – líquido gerador de espuma, toxicidade dos gases da combustão, exaustores de fumaça para saídas de emergência, mangotinhos, hidrantes, válvulas e muitos outros itens.

A verificação do desempenho dos dispositivos e equipamentos que são utilizados na segurança contra incêndio trará como benefício o desenvolvimento tecnológico pela melhoria da qualidade, ampliação do mercado e a especialização da mão-de-obra (projetista, fornecedores, instaladores e serviços de manutenção). Tudo isso dará maior segurança nas edificações, portanto menor perda de vidas e de patrimônios.

2. Laboratórios

2.1. GERAL

Na segurança contra incêndio da edificação não há desenvolvimento científico-tecnológico sem análise experimental.

A função dos laboratórios de ensaios no contexto da técnica e da ciência é fundamental para o desenvol-

vimento do conhecimento e para a formação de pesquisadores. Na área comercial sua importância é na defesa dos interesses dos consumidores e no apoio aos órgãos oficiais de fiscalização.

Os laboratórios devem atender a seus objetivos, portanto sua infra-estrutura e capacitação técnica devem ser adequadas a esses objetivos.

Neste capítulo não se pretende fazer uma classificação, mas uma reflexão para iniciar a discussão sobre os laboratórios para a segurança contra incêndio.

Em função dos objetivos, os laboratórios são utilizados para: educação, pesquisa, desenvolvimento, controle da qualidade, certificação, homologação e investigação.

Um laboratório pode ter vários objetivos, contanto que atenda às exigências jurídicas, técnicas e operacionais.

A ciência do fogo/incêndio e da engenharia de segurança contra incêndio está ainda na fase insípida em nosso País, principalmente por falta de infra-estrutura laboratorial. Um exemplo de laboratório para estudos da segurança contra incêndio se encontra na parte introdutória deste livro.

Quase toda a tecnologia da segurança contra incêndio é importada, cabendo às nossas empresas utilizarem os laboratórios para a pesquisa e desenvolvimento de produtos, equipamentos e sistemas.

Os equipamentos e sistemas utilizados na segurança contra incêndio em edificações devem ser ensaiados com base em normas técnicas nacionais da ABNT.

2.2. DEFINIÇÃO DE LABORATÓRIO

A palavra laboratório tem quatro definições no dicionário Aurélio. Neste capítulo utilizaremos a seguinte definição: *"Lugar destinado ao estudo experimental de qualquer ramo da ciência ou à aplicação dos conhecimentos científicos com objetivo prático"*. Nessa definição tem-se duas expressões básicas: *"estudo experimental"* e *"aplicação dos conhecimentos"*.

A palavra laboratório é utilizada num sentido amplo pelos arquitetos *"esta praça (rua,cidade) é um laboratório para o estudo de ..."* ou pelos estudiosos da natureza *"O Pantanal Mato-grossense é um laboratório para o estudo da fauna, flora e clima"*.

Este capítulo se restringirá aos laboratórios em função de seus objetivos, voltados para a segurança contra incêndio. Não se pretende classificar os laboratórios e tampouco restringir as funções deles. Este texto tem somente uma função didática e de reflexão.

2.3. CLASSES DE LABORATÓRIO

2.3.1. LABORATÓRIO PARA EDUCAÇÃO

São laboratórios de instituições de ensino e visam demonstrar: as propriedades dos materiais, o desempenho de produtos, os equipamentos e sistemas, os fenômenos físicos ou químicos, as reações químicas, o comportamento ao fogo dos materiais de construção e de sistemas construtivos. Tem a função de complementar a teoria dada nas salas de aula. O laboratório tem, em geral, vários equipamentos iguais. A precisão das medidas não é um fator crítico. O professor/instrutor planeja os experimentos quantificando os materiais e os recursos que serão utilizados. Em alguns casos necessita ter espaços para demonstrar os experimentos e complementarmente deve ter a infra-estrutura para os alunos repetirem os experimentos. Os ensaios complexos, perigosos ou de muito valor, em alguns casos, é feito somente pelo monitor ou laboratorista.

Os ensaios podem se basear em normas técnicas oficiais, em procedimentos laboratoriais consagrados e mesmo na experiência do professor.

Os centros de treinamentos de brigadas de incêndio e as academias de bombeiros têm os laboratórios de ensino, emitem certificados de conclusão do curso, mas não podem emitir certificado de ensaio baseado em norma técnica.

2.3.2. LABORATÓRIO DE PESQUISA

São laboratórios de universidades/faculdades, de institutos de pesquisas e de empresas. Tem por objetivo desenvolver o conhecimento da ciência nas áreas já exploradas ou inexploradas. Verifica a adequação de uma

norma técnica oficial, cria-se novo material ou sistema construtivo, verifica o desempenho de novo material ou de equipamentos ou de sistemas de proteção contra incêndio. Os equipamentos utilizados são variados em função do campo de pesquisa ou da pesquisa em andamento. A precisão das medidas é importante. O pesquisador precisa de infra-estrutura (material e financeira) para desenvolver seu trabalho de pesquisa. Os equipamentos são definidos no projeto de pesquisa.

Quando se trata de apoio à pesquisa do curso de pós-graduação, a infra-estrutura laboratorial da universidade/faculdade pode servir para vários trabalhos. Exemplificando: nas pesquisas de resistência ao fogo em paredes, registros corta-fogo, portas, janelas e selos, usa-se um tipo de forno, além de várias normas técnicas e os resultados obtidos serão utilizados nas dissertações e teses.

Muitos produtos e sistemas são pesquisados a pedido de empresas que fazem parcerias com as universidades, prática ainda incomum no Brasil.

2.3.3. LABORATÓRIO DE DESENVOLVIMENTO

São laboratórios de universidades/faculdades, de institutos de pesquisas e de empresas. Eles têm por objetivo o desenvolvimento da tecnologia. Podem ser confundidos com o de pesquisa, porém, na maioria dos casos, têm seu campo de atuação direcionado para obter um produto ou a melhoria dele, do material ou do sistema existente. A precisão das medidas é importante.

Há casos de projeto de desenvolvimento que necessitam equipamentos em escala piloto ou semi-industriais.

As portas corta-fogo brasileiras foram desenvolvidas há 25 anos, fazendo-se ensaios em portas no seu tamanho real e baseando-se em normas técnicas. Foram feitas várias tentativas com mudanças no material isolante, fechamento mecânico das chapas, tipos de dobradiças, etc..

Os cabos elétricos usados nas plataformas de petróleo também foram desenvolvidos no laboratório com o auxílio das empresas fabricantes de cabos. O objetivo foi desenvolver um cabo que não propagasse o incêndio. Utilizou-se uma norma francesa na ocasião antes de se ter a norma brasileira.

Nas CE – Comissões de Estudos do CB-24 são utilizados, freqüentemente, dados de ensaios para esclarecer algum item da norma que está em preparação. Por exemplo: a influência do modo de se lançar a solução de LGE em líquidos polares (álcool etílico) para a extinção do fogo ou o envelhecimento de fios de polipropileno na fabricação de mangueiras de incêndio.

2.3.4. LABORATÓRIO DE CERTIFICAÇÃO

São laboratórios oficiais ou particulares reconhecidos pela sociedade pela sua competência, idoneidade e capacitação técnica. Eles têm por objetivo verificar uma qualidade ou desempenho de um material, produto, equipamento ou sistema. A verificação é baseada sempre em normas técnicas de métodos de ensaios e de especificação. A confiabilidade, a reprodutibilidade e a precisão de suas medidas são fatores fundamentais e, conseqüentemente, o técnico de laboratório deve ser um elemento muito bem treinado e os equipamentos de medição devem estar calibrados.

O ato de efetuar o ensaio é denominado certificação conforme norma, e o documento escrito contendo os resultados é o certificado.

O laboratório não aprova ou reprova o que foi ensaiado, mas o certificado pode ser usado pelas autoridades competentes para aprovar, ou não, baseados nos resultados.

Os laboratórios de certificação fazem parte do sistema nacional de certificação do INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial, e devem atender aos regulamentos da Rede Brasileira de Laboratórios - RBL.

2.3.5. LABORATÓRIO DE HOMOLOGAÇÃO

Têm as mesmas características técnicas do laboratório de certificação, porém com função de aprovar ou reprovar o que foi ensaiado. Pertence, geralmente, a um órgão oficial, porém pode ser um laboratório de entidade de classe. Em ambos os casos devem ser reconhecidos por lei para essa função. Utiliza sempre um método de ensaio normalizado e a norma técnica de especificação.

2.3.6. LABORATÓRIO DE SUPORTE PARA INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA DE INCÊNDIO

São laboratórios da polícia científica e dos corpos de bombeiros (vide capítulo – Investigação de incêndio deste livro). Têm por objetivo levantar os dados de um incêndio tais como: causas do incêndio, propagação da chama e da fumaça, desenvolvimento do calor e da temperatura atingida, duração do incêndio, técnica de combate e de sua eficiência, desempenho dos equipamentos fixos de combate e dos utilizados pelos bombeiros, perdas de materiais e de vidas, eficiência dos EPI e uniformes utilizados no combate a incêndio.

Esses dados irão realimentar o sistema, a fim de melhorar o serviço de prevenção de incêndio e de combate a incêndio, também o regulamento compulsório de segurança contra incêndio e das normas técnicas e, ainda, dar diretrizes para os cursos de engenharia de incêndio e para o de treinamento dos bombeiros oficiais ou voluntários.

Emitem laudos que podem ser utilizados pelas autoridades e companhias de seguros.

2.3.7. LABORATÓRIO DE CONTROLE DA QUALIDADE

São laboratórios de empresas e têm por função verificar se a linha de produção mantém as características técnicas de seus produtos ou se os componentes/produtos de seus fornecedores têm as características técnicas solicitadas. Um componente de má qualidade pode comprometer o produto final. As empresas que possuem o certificado ISO 9000 ou o selo de conformidade têm as preocupações de manter as características técnicas de seus produtos aprovados pelo sistema de certificação.

3. Rede Brasileira de Laboratórios (RBL)

3.1. OBJETIVO DA RBL

O elemento principal do sistema de certificação é o laboratório de ensaios, que em última análise é o espelho do nível tecnológico do País.

Será enfocado o laboratório para certificação, entre os vários laboratórios citados (educação, pesquisa, desenvolvimento, certificação, homologação, controle da qualidade e investigação).

O laboratório para certificação de produtos, de sistemas construtivos ou de equipamentos, deve possuir um sistema metrológico e operacional confiável para sua credibilidade.

Em nível federal tem-se a Rede Brasileira de Laboratórios (RBL) e a Rede Brasileira de Calibração (RBC) criado pelo SINMETRO – Sistema Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial.

O SINMETRO - Sistema Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial foi criado em 1974 , ligado ao Ministério da Ciência e Tecnologia, e tem por objetivo a melhoria de qualidade dos produtos fabricados no território nacional, por meio da metrologia e do gerenciamento da qualidade.

O texto a seguir se encontra no site www.inmetro.gov.br:

"A Rede BrasileIra de Laboratórios de Ensaio - RBLE é o conjunto de laboratórios credenciados pelo Inmetro para a execução de serviços de ensaio. Aberto a qualquer laboratório, nacional ou estrangeiro, que realize ensaios e atenda aos critérios do Inmetro."

Os objetivos da RBLE são:

• Aperfeiçoar os padrões de ensaio e gerenciamento dos laboratórios que prestam serviços no Brasil.

• Identificar e reconhecer oficialmente laboratórios no Brasil.

• Promover a aceitação dos dados de ensaio de laboratórios credenciados, tanto nacional quanto internacionalmente.

• Facilitar o comércio interno e externo.

• Utilizar de modo racional a capacitação laboratorial do país.

• Aperfeiçoar a imagem dos laboratórios realmente capacitados."

O organograma do SINMETRO é constituído de: CONMETRO - Conselho Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial e INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial. O primeiro é o órgão legislativo

do sistema e é composto principalmente pelos representantes dos ministérios e secretarias do governo; o segundo é o órgão executivo.

3.2. MEDIDAS LABORATORIAIS

A tarefa de medir qualquer grandeza física é muito complexa e requer equipamentos calibrados, ambiente com temperatura e umidade controladas, programa de manutenção dos equipamentos, curso de atualização dos técnicos de laboratório, procedimentos claros de ensaios e um gerenciamento de qualidade.

Com o avanço tecnológico, principalmente na área da eletrônica, são desenvolvidos equipamentos de medição mais complexos e precisos. Por outro lado, torna-se mais difícil calibrar os equipamentos laboratoriais dentro de novos padrões de precisão.

No "site" do INMETRO encontra-se o seguinte:

"O movimento da qualidade no Brasil e a substituição da política econômica protecionista estimularam de forma expressiva a demanda de serviços metrológicos, suplantando a capacidade de atendimento dos laboratórios disponíveis no Inmetro.

Com o objetivo de disponibilizar ao país uma infra-estrutura de serviços básicos para a competitividade, em atendimento à demanda, foi estimulada, em 1980, a criação da Rede Brasileira de Calibração (RBC).

Constituída por laboratórios credenciados pelo Inmetro, a RBC congrega competências técnicas e capacitações vinculadas à indústria, às universidades e aos institutos tecnológicos, habilitados à realização de serviços de calibração. O credenciamento subentende a comprovação da competência técnica, credibilidade e capacidade operacional do laboratório.

A concessão do credenciamento atribuído pelo Inmetro, por intermédio da Divisão de Credenciamento de Laboratórios de Calibração, vinculada à Diretoria de Metrologia Científica e Industrial, efetua-se em conformidade com procedimentos internacionais de 'acreditação' constantes do ISO/IEC Guide 25 (1990), disponíveis em publicação própria do Inmetro.

Embora sistemicamente estruturada, essa matriz laboratorial carece de importantes especialidades da metrologia e apresenta-se incompatível com a crescente procura da certificação ISO 9000, indutora da demanda de serviços metrológicos.

A RBC deve ser entendida pela sua atuação estruturante na coordenação do sistema metrológico brasileiro, operando em sintonia com o Laboratório Nacional de Metrologia (LNM), segundo procedimentos consistentes e harmonizados com seus similares internacionais. Utilizando padrões rastreáveis às referências metrológicas mundiais de mais alta exatidão, a RBC estabelece o vínculo com as unidades do Sistema Internacional (SI) constituindo a base técnica imprescindível ao livre comércio ente áreas econômicas preconizado nos mercados globalizados.

Em perfeita articulação com os laboratórios metrológicos que integram a RBC, compete à sua coordenação buscar os meios para assegurar o provimento desses serviços no atendimento às necessidades dos diferentes setores, de forma compatível com seus interesses e especificidades, segundo os diferentes níveis de desenvolvimento econômico.

De forma mais ampla, a RBC atua também no provimento dos serviços metrológicos os quais estabelecem as salvaguardas da defesa do consumidor, da construção da cidadania, da saúde, da proteção e preservação do meio ambiente".

3.3. CONFIABILIDADE METROLÓGICA

A Confiabilidade Metrológica (CM) é colocada como um conjunto de técnicas que permite avaliar a qualidade dos ensaios e das medições.

O processo metrológico está sujeito a muitas variações. Antecipa-se à ocorrência de resultados diferentes, quando vários laboratórios trabalham conjuntamente, sejam aqueles credenciados pelo órgão credenciador, sejam os laboratórios dos fabricantes.

Para obter o efeito do processo metrológico junto aos laboratórios de ensaios, que emitem os certificados de conformidade à norma e que fazem parte do sistema brasileiro de certificação, é necessário observar o seguinte:

• Atender às exigências do ABNT ISO/IEC Guia 25:1993 - Requisitos Gerais para a Capacitação de Laboratórios de Calibração e de Ensaios.

• Ser selecionado segundo a Norma no NIE-DINQP-067, de abril/98 - Critérios de seleção e utilização de laboratórios de ensaios.

O Guia 25 da ABNT ISO/IEC [2] já no seu objetivo diz: *"Este guia estabelece os requisitos gerais segundo os quais um laboratório deve demonstrar que opera, caso esse laboratório pretenda ser reconhecido como capacitado para realizar calibrações e ensaios específicos".*

Resumindo o Guia 25 tem-se:

a) Organização e gerenciamento: o laboratório deve ser legalmente identificável e organizado e deve operar de maneira que suas instalações permanentes, temporárias e móveis atendam às exigências do Guia 25.

O item I) diz: *"quando pertinente, ter política e procedimentos documentados para garantir a proteção das informações confidenciais e dos direitos de propriedade dos clientes."*

b) Sistema da qualidade, auditoria e análise crítica: o laboratório deve estabelecer e manter um sistema interno de qualidade adequado ao tipo, abrangência e volume das atividades de calibração e de ensaio que ele desempenha. O laboratório deve definir e documentar suas políticas, objetivos e compromissos de acordo com as premissas de boa prática de laboratório e de acordo com a qualidade dos serviços de calibração ou de ensaios. Deve também obter procedimentos para a obtenção da rastreabilidade das medições.

c) Pessoal: todo laboratório de ensaio deve ter pessoal suficiente com a escolaridade necessária, treinamento, conhecimento técnico e experiência para as funções designadas.

d) Acomodações e ambientes: as acomodações do laboratório, as áreas de calibração e de ensaios, as fontes de energia, a iluminação, o aquecimento e a ventilação devem facilitar o desempenho apropriado das calibrações e dos ensaios.

e) Equipamentos e materiais de referência: o laboratório deve conter todos os equipamentos (inclusive dos materiais de referência) necessários à correta realização das calibrações e dos ensaios.

f) Rastreabilidade da medição e calibração: todo equipamento de medição e de ensaio que tiver influência na exatidão ou na validade das calibrações ou ensaios deve ser calibrado e/ou verificado antes de ser colocado em serviço. O laboratório deve ter um programa estabelecido para a calibração e verificação de seus equipamentos de medição e de ensaio. Nos casos em que a rastreabilidade dos padrões nacionais de medida não for aplicável, o laboratório deve prover uma evidência satisfatória de correlação de resultados, como por exemplo, a participação de um programa adequado de comparações interlaboratoriais ou ensaios de proficiência.

g) Calibração e métodos de ensaio: o laboratório deve ter instruções documentadas sobre o uso e operação de todos os equipamentos pertinentes, sobre o manuseio e preparação de itens e sobre a calibração e/ou ensaio, quando a ausência de tais instruções possa prejudicar a eficácia das calibrações ou ensaios. Todas as instruções, normas, manuais e dados de referência pertinentes ao trabalho do laboratório devem ser mantidos atualizados e prontamente disponíveis para a equipe.

h) Manuseio de itens de calibração e de ensaio: o laboratório deve ter um sistema documentado para identificar de modo único os itens a serem calibrados ou ensaiados, para assegurar que não haja equívoco, em qualquer tempo, com relação à sua identidade.

i) Registros: o laboratório deve manter um sistema de registro adequado às suas circunstâncias particulares e deve atender aos regulamentos aplicáveis, bem como fazer o registro de todas as observações originais, cálculos e dados decorrentes, registros de calibração, cópia do certificado e relatório de ensaio, durante um período julgado adequado.

j) Certificados e relatórios: os resultados de cada calibração, ensaio, série de calibrações ou ensaios realizados pelo laboratório devem ser relatados de forma precisa, clara e objetiva, sem ambigüidades e de acordo com as instruções descritas nos métodos de calibração e ensaio. Os resultados devem ser relatados em certificado de calibração, ou relatório de ensaio, ou certificado de ensaio e devem incluir todas as informações necessárias para a interpretação dos resultados de calibração ou de ensaio e, ainda, toda informação exigida pelo método de ensaio.

3.4. SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES - SI

Para as medições laboratoriais é exigida a utilização do SI – Sistema Internacional de Unidades.

O Brasil é signatário do Sistema Internacional de Unidades (SI), o qual foi regulamentado pelo CONMETRO – Conselho Nacional de Metrologia e Qualidade Industrial por meio das Resoluções no 11/88 Legislação Metrológica e no 12/88 QGU – Quadro Geral de Unidades de Medida.

O Sistema Internacional de Unidades foi adotado pela 11ª CGPM – Conferência Geral de Pesos e Medidas, em 1960, e no Brasil pela Resolução 01/82 do CONMETRO, a qual foi atualizada pela Resolução 03/84, ambas substituídas em 1988.

A seguir serão dadas as unidades SI e as definições adotadas nas várias CGPMs.

Tabela 1 - Unidades básicas do SI

Grandeza	Unidade	
	Nome	Símbolo
Comprimento	metro	m
Massa	quilograma	kg
Tempo	segundo	s
Corrente elétrica	ampère	A
Temperatura termodinâmica	kelvin	K
Quantidade de matéria	mol	mol
Intensidade luminosa	candela	cd

Definições das grandezas da Tabela 1

• **metro -** Comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo, durante um intervalo de tempo de 1/(299 792 458) de segundo.

• **quilograma -** Massa do protótipo internacional do quilograma

• **segundo -** Duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.

• **ampère -** Corrente elétrica invariável que, mantida em dois condutores retilíneos paralelos de comprimento infinito e área de seção transversal desprezível, situados a um metro de distância um do outro, produz entre esses condutores uma força igual a 2 x 10-7 newton por metro de comprimento desses.

• **kelvin -** Unidade de temperatura termodinâmica igual à fração de 1/273,16 da temperatura termodinâmica do ponto tríplice da água.

• **mol -** Quantidade de matéria de um sistema que contém tantas entidades elementares quantos são os átomos contidos em 0,012 quilograma de carbono 12.

• **candela -** Intensidade luminosa, numa direção dada, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de freqüência 540 x 1012 Hz, e cuja intensidade energética é igual a 1/683 W.sr.

O SI – Sistema Internacional de Unidades é composto de unidades derivadas com nomes e símbolos especiais (exemplos: radiano, hertz, newton, pascal, joule, watt, etc.) e de unidades derivadas sem nomes especiais (aplicados em campos específicos. Ex: física atômica e nuclear). Além dessas unidades, são aceitas para uso dentro do SI as unidades "não-SI" (exemplos: litro, grau, minuto, hora, dia, decibel, metro por hora, quilograma por litro, etc.), sem restrição de prazo e algumas com restrição de prazo.

4. Norma inglesa BS 5497/87 (ISO 5725-1986)

4.1. GERAL

Para complementar o Guia 25 da ABNT ISO/IEC, é citada a norma inglesa BS 5497/87 Precision of test methods. A Part 1 – Guide for the determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests [3].

Esse documento permite a troca de informações na execução de ensaios entre laboratórios nacionais e internacionais.

4.2. MATERIAIS IDÊNTICOS

No experimento de precisão, a amostra de um material específico ou corpo-de-prova de um produto específico é enviado de uma central de distribuição para um determinado número de laboratórios em diferentes lugares, países ou continentes.

Os requisitos dos ensaios nesses laboratórios devem ser feitos em materiais idênticos que se referem ao momento quando tais ensaios são afetados de modo a satisfazer duas condições diferentes:

• o corpo-de-prova deve ser idêntico durante o transporte e durante os intervalos de tempos diferentes, que podem ocorrer antes do momento do ensaio nos laboratórios participantes.

Ambas as condições devem ser cuidadosamente observadas na organização de experimento de precisão.

Um fluido ou pó fino pode ser homogeneizado por agitação. Os corpos-de-prova retirados dessa porção podem ser considerados idênticos no momento que são preparados. Um cuidado adicional pode ser necessário para assegurar que eles se mantenham idênticos até o momento do ensaio.

Se o material a ser ensaiado consiste de uma mistura de pós de diferentes densidades ou de diferentes tamanhos de grãos, alguns cuidados são necessários devido à segregação que pode ocorrer pela compactação no transporte, por exemplo.

Quando houver a possibilidade de ocorrer reação com atmosfera, a amostra deve ser selada em ampolas cheias de gás inerte ou sem o ar.

No caso de materiais perecíveis, eles devem ser condicionados em refrigeradores ou vasilhas térmicas que as mantenham nas condições iniciais.

Todos esses casos devem ser julgados no seu mérito.

Quando os ensaios são executados em objetos discretos que não são alterados pelo ensaio, em princípio pelo menos, pode-se usar o mesmo conjunto de objetos pelos diferentes laboratórios. Torna-se necessário circular o conjunto de objetos entre muitos laboratórios situados, muitas vezes longe, em diferentes países ou continentes com um considerável risco de perda ou danificação durante o transporte.

Quando os ensaios são executados em materiais sólidos que não podem ser homogeneizados, tais como metais, borrachas, tecidos, etc., e quando os resultados dos ensaios não podem ser repetidos na mesma peça ensaiada, a não-homogeneidade no material ensaiado formará um componente essencial de precisão da medida e a idéia do material idêntico não é possível ser aplicada. Os experimentos de precisão devem também ser feitos, mas os valores de repetibilidade e reprodutibilidade podem valer somente para material específico usado e assim ser considerado.

Um uso mais amplo de repetibilidade e de reprodutibilidade será aceitável somente se puder ser demonstrado que os valores não são significativamente diferentes entre materiais produzidos em ocasiões diferentes ou por diferentes produtores.

Esse último caso não está sendo considerado na norma internacional.

As performances dos ensaios de materiais, considerados idênticos, em circunstâncias também consideradas idênticas, em geral não obtêm resultados idênticos. Isso é atribuído à série de erros não controlável e inerente ao procedimento do ensaio. Os fatores que influenciam nos resultados dos ensaios não podem ser todos controlados. Por ocasião da interpretação dos ensaios, deve-se levar em conta essa variação. Por outro lado, a diferença entre resultados do ensaio e alguns valores específicos não está estabelecida.

Similarmente, comparando o resultado dos ensaios de duas amostras de mesmo material, não será indicada diferença qualitativa fundamental se a diferença entre as amostras for atribuída às variações inerentes ao procedimento do ensaio.

4.3. FATORES QUE INFLUENCIAM NOS RESULTADOS LABORATORIAIS

Vários fatores podem contribuir na variação do procedimento do ensaio. Os principais são:

• Operador.

• Equipamento usado.

• Calibração do equipamento.

• Meio ambiente (temperatura, umidade, poluição do ar, etc.).

A variação da performance entre ensaios por diferentes operadores e ou diferentes equipamentos será normalmente maior que os ensaios executados pelo mesmo operador usando o mesmo equipamento.

4.4. REPETIBILIDADE E REPRODUTIBILIDADE

Precisão é um termo geral para a variação entre ensaios repetidos.

Duas precisões nas medidas denominadas repetibilidade e reprodutibilidade são necessárias para vários casos práticos e são suficientes para descreverem a variabilidade do método de ensaio.

• **Repetibilidade:** refere-se ao resultado de ensaio sob condições, tão constante quanto possível, executado em intervalos de tempo pequeno, num laboratório, por um operador usando o mesmo equipamento.

• **Reprodutibilidade:** refere-se ao resultado de ensaio, sob condições das mais variadas, executado por diferentes laboratórios, operadores e equipamentos.

Sob as condições de repetibilidade os fatores: operador, equipamento, calibração e ambiente são considerados constantes e não contribuem na variabilidade, diferentemente das condições de reprodutibilidade em que esses fatores irão variar e contribuir na variabilidade dos resultados dos ensaios.

Portanto repetibilidade e reprodutibilidade são dois extremos. Enquanto o primeiro é a medição do mínimo, o segundo é a máxima variabilidade nos resultados.

Existem medidas intermediárias da variabilidade entre estes dois extremos, tais como a repetição de ensaio no laboratório em intervalos grandes de tempo, ou por diferentes operadores, ou incluindo os efeitos da recalibração.

Entretanto, se forem necessárias as medidas intermediárias numa situação particular, elas devem ser definidas claramente pelas autoridades competentes para que condições e métodos sejam aplicados e utilizados para sua determinação.

O método internacional estabelece as definições práticas de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R), que proporcionam por si a estimativa numérica do experimento. Não fornece qualquer medida de erro na estimativa do valor de r ou R. Também estabelece os princípios básicos para o planejamento, organização e análise de experimentos que precisam estima r e R. Experimentos com esses propósitos serão denominados por experimentos precisos (com precisão).

Somente o experimento de tipo simples (que estima r e R está sendo considerado) consiste de ensaios, em amostras de materiais idênticos, executados por vários laboratórios.

O método apresenta, ainda, as regras para interpretação e aplicação destes r e R estimados em situações práticas.

O método internacional não se aplica para determinar a exatidão do método como medida da diferença entre os valores médios totais e o valor verdadeiro ou o valor verdadeiro convencional.

4.5. CAMPO DE APLICAÇÃO

O método internacional trata exclusivamente do método que produz uma figura numérica simples como resultado do ensaio. Entretanto essa figura simples pode ser obtida por cálculos de uma série de observações.

A essência da determinação de valores precisos é a medição, executada por esses mesmos valores, da capacidade do método em repetir uma dada determinação.

Isso implica dizer que uma mesma coisa está sendo medida da mesma maneira.

Para que isto ocorra, é fundamental que o método seja normalizado e esteja em uso por diversos laboratórios.

Todos os ensaios que fazem parte do ensaio de precisão (Round Robin) devem ser conduzidos de acordo com a norma.

O caso ideal é o uso do mesmo corpo-de-prova pelos participantes do programa. Entretanto isso não é possível, principalmente quando há ensaios destrutivos (ensaios químicos, esforços mecânicos), de modo que o corpo-de-prova não está disponível para outros ensaios do mesmo tipo.

Debaixo de tais circunstâncias, devem ser preparados diferentes corpos-de-prova, mas tendo-se o cuidado que eles sejam os mais idênticos quanto possíveis.

Cuidados devem ser tomados para com os corpos-de-prova não-idênticos. Quando as amostras forem preparadas é necessário que sejam idênticas na ocasião do ensaio.

Devido ao princípio acima, a precisão não será determinada usando-se corpo-de-prova que não seja idêntico ou que tenha suspeita de não ser idêntico.

Portanto os corpos-de-prova devem ser preparados da mesma subamostra de um conjunto de amostras e jamais ser feito de diferentes lotes ou diferentes origens.

Na prática, a contribuição para a variabilidade nos resultados dos ensaios e o aumento da diferença dos resultados entre os corpos-de-prova ensaiados devem ser negligenciados quando os ensaios forem destrutivos. Essas duas condições devem ser comparadas com a variabilidade do próprio método de ensaio.

Os valores de repetibilidade e reprodutibilidade, quando determinados, podem ser usados para várias finalidades, tais como:

- Verificar se a técnica experimental do laboratório está acima do padrão.
- Procedimento do controle do projeto de qualidade.
- Comparação de resultados de ensaios de uma porção de material com uma especificação do produto.
- Planejamento da especificação em primeiro lugar para assegurar que a conformidade é viável com o método do ensaio.
- Comparação de resultados de ensaio da mesma porção do material obtido de um fornecedor ou consumidor.
- Estimar se os métodos de ensaio rival estão adequados.

4.6. NORMALIZAÇÃO DO ENSAIO

É um documento que contém detalhes completos do ensaio, preferivelmente incluindo uma descrição de como a amostra é obtida e de como o corpo-de-prova é preparado.

A execução da normalização de método de ensaio requer uma avaliação cuidadosa do método (ou a possibilidade de vários métodos) por meio de experimentos nos quais vários laboratórios tomam parte.

Esses experimentos para a normalização darão como informações preliminares alguns dados de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R)

Experimento de precisão para determinar repetibilidade e reprodutibilidade requer a cooperação de números maiores de laboratórios do que experimentos para a normalização. Esses laboratórios devem ser escolhidos dentre todos que usam sempre ou quase sempre o método de ensaio.

4.7. MODELO ESTATÍSTICO

Modelo básico: para estimar a precisão do método de ensaio é interessante assumir que todos os resultados de ensaios simples, y, sejam a soma de três componentes:

$$y = m + B + e$$

onde:
m= é média geral
B= é a variação entre laboratórios
e= é a faixa de erros que ocorrem em todos os ensaios.

Outros modelos são também usados, mas esse irá atender à maioria dos casos práticos.

a) Média geral, m

A média geral (m) do material ensaiada é denominada "nível da propriedade do ensaio". Amostras de diferentes purezas de uma substância química ou de diferentes materiais (por exemplo diferentes tipos de aço) corresponderão a diferentes níveis. Em muitas situações técnicas, o "nível da propriedade do ensaio" é definido exclusivamente pelo método de ensaio e a noção de valor verdadeiro independente não é aplicada. Entretanto, em algumas situações, o conceito de valor verdadeiro (μ) de propriedade do ensaio pode ser útil, tal como o valor verdadeiro da concentração da solução que esta sendo titulada.

O nível (m) não é necessariamente igual ao valor verdadeiro (μ). A diferença ($m - \mu$), quando existir, é de-

nominada tendência do método de ensaio.

Quando repetibilidade e reprodutibilidade são usadas para verificar a diferença entre resultados de ensaios, essa tendência não terá influência e poderá ser ignorada. Mas quando esse critério for usado para comparar resultados de ensaios com o valor especificado no contrato ou na norma de especificação, uma tendência terá de ser adotada para o valor verdadeiro (μ) deste contrato/norma de especificação, ou então para o valor do nível de ensaio, m.

Se o valor verdadeiro existe e é conhecido, a análise da precisão do experimento pode indicar a existência da tendência.

b) O termo B no modelo básico.

O termo B é considerado constante durante qualquer série de ensaios feita em condições de repetibilidade, mas para uma série de ensaios feita nas condições de reprodutibilidade, é considerado como tendo comportamento de uma faixa variável.

Os procedimentos dados na norma internacional foram desenvolvidos, assumindo que a distribuição variável dos erros foi aproximadamente normal. Mas, na prática, esses erros trabalham com a maioria das distribuições desde que seja unimodal e que a diferença crítica seja no nível de 95%.

Essa variância é denominada "variância entre laboratórios" e é expressa por:

$$\text{var}(B) = \sigma_L^2$$

onde:
σ_L^2 = variabilidade entre operadores e entre laboratórios.

Em geral B pode ser considerado como sendo a soma de ambas, aleatória e de componentes sistemáticos, mas não são separados nesta análise.

Alguns cuidados devem ser tomados quando os resultados dos ensaios a ser comparado for sempre do mesmo laboratório.

Quando dois laboratórios participam do programa, não se deve usar a reprodutibilidade. Mas experimentos de cooperação entre ambos devem ser levados a efeito para determinar suas relativas tendências e então suas próprias reprodutibilidades devem ser determinadas.

c) O termo erro no modelo básico.

O termo erro "e" representa aleatoriedade de erros que ocorrem em todos os resultados de ensaios simples e o procedimento dado pelo método internacional, assume-se que a distribuição variável desses erros foi aproximadamente normal. Mas, na prática, esses erros trabalham para a maioria das distribuições, desde que sejam uni modal e que a diferença crítica esteja no nível de 95%.

Dentro de um único laboratório, esta variância é chamada "variância do laboratório" e é expressa por:

$$\text{var}(e) = \sigma_w^2$$

onde:
σ_w^2 = variabilidade do laboratório.

Apesar de se esperar que haja diferenças no σ_w^2 de diferentes laboratórios, assume-se que essas são pequenas e adota-se a variância do laboratório.

Esse valor comum, que é o valor médio da variância de todos os laboratórios que participam do programa do experimento de precisão, será denominado "repetibilidade da variância" e é expresso por:

$$\text{var}(e) = \sigma_r^2$$

onde:
σ_r^2 = variância média de todos os laboratórios.

5. Laboratório de reação e resistência ao fogo no Brasil

5.1. CAPACITAÇÃO LABORATORIAL

O Brasil tem dois laboratórios de ensaios de reação ao fogo e de resistência ao fogo – Laboratório de Ensaios de Fogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e o Laboratório de Tecnologia do Ambiente Construído (LASC) das Centrais Elétrica de Furnas em Aparecida de Goiânia, em Goiás.

A reação ao fogo pode ser entendida como a capacidade de um material contribuir para o desenvolvimento do incêndio.

A resistência ao fogo é a capacidade de um sistema ou componente construtivo conservar durante certo tempo, sob a ação do incêndio, o desempenho da função para o qual foi projetado.

A capacitação laboratorial do IPT para os ensaios de reação ao fogo é constituída de equipamentos para a determinação da:

- Não-combustibilidade de materiais.
- Propagação superficial de chama.
- Densidade ótica específica de fumaça.
- Inflamabilidade de materiais.
- Propagação de chamas em cabos elétricos.

Os ensaios de resistência ao fogo de elementos e sistemas construtivos são feitos num forno de boca vertical:

- Produtos de proteção de estrutura metálica.
- Parede e divisória.
- Porta corta-fogo.
- Registro corta-fogo.
- Válvula corta-fogo.
- Armário, cofres e sala-cofre.

A capacitação laboratorial do LASC para os ensaios de reação ao fogo é constituída de equipamentos para a determinação de:

- Densidade de fluxo radiante para materiais de piso.
- Densidade ótica específica de fumaça.

Os ensaios de resistência ao fogo de elementos e sistemas construtivos são feitos também num forno de boca vertical.

- Paredes e divisórias.
- Porta corta-fogo.
- Registro e selo corta-fogo.

Ambos os laboratórios têm a capacitação para ensaios em sistemas construtivos de vedação vertical, além das citadas acima.

Tanto o IPT como o LASC possui um forno de boca horizontal de um metro quadrado para ensaio experimental de resistência ao fogo.

5.2. FIGURAS DE ALGUNS EQUIPAMENTOS DE REAÇÃO AO FOGO

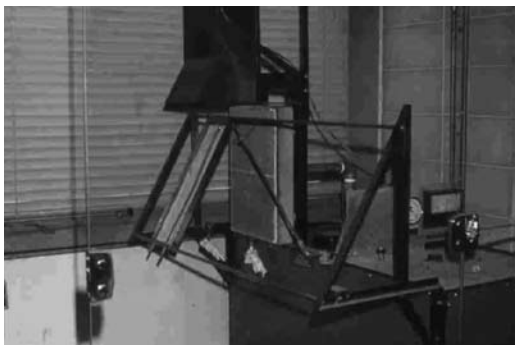


FIGURA 1: Painel radiante para determinação da propagação superficial da chama de materiais de construção, revestimento e acabamento

FIGURA 2: à esquerda tem-se o equipamento para ensaio em materiais de piso, e à direita a câmara de determinação da densidade ótica específica da fumaça

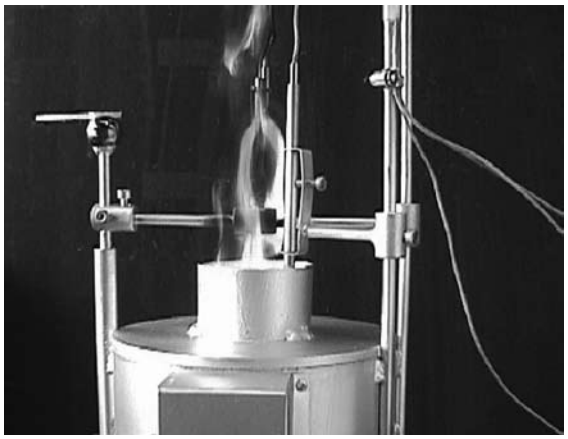


FIGURA 3: Equipamento de ensaio de não-combustibilidade

5.3. FIGURAS DE FORNOS DE ENSAIOS DE RESISTÊNCIA AO FOGO

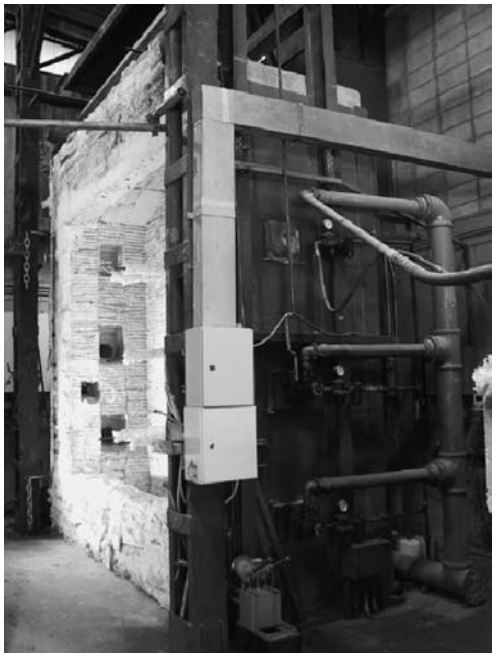


FIGURA 4: Forno de ensaio de resistência ao fogo para sistema de vedação vertical - porta, paredes, selos e registros do IPT

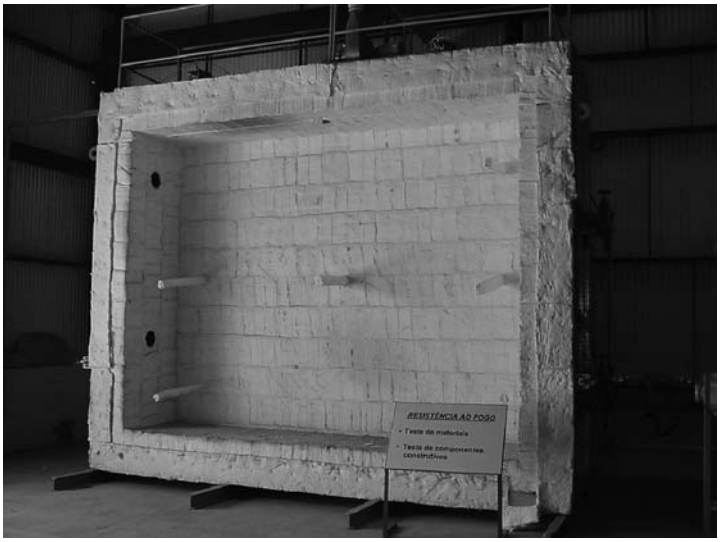


FIGURA 5: Forno de ensaio de resistência ao fogo para sistema de vedação vertical - porta, paredes, selos e registros do LASC da Central Elétrica de Furnas

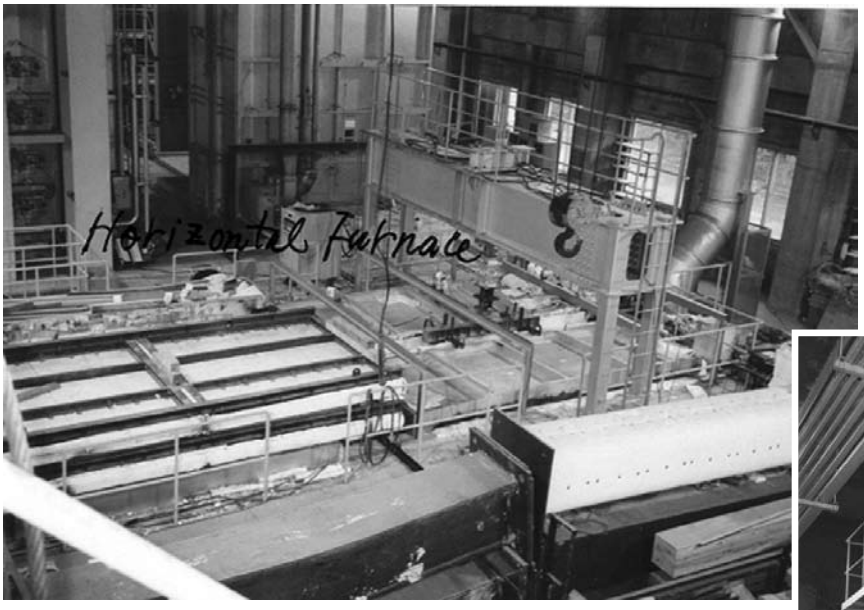


FIGURA 6: Forno de ensaio de resistência ao fogo para sistema de vedação horizontal e vigas de Inglaterra e do Japão

FIGURA 7: Forno de ensaio de resistência ao fogo para pilares do Japão

6. Laboratório de ensaios de equipamentos de combate e de detecção de incêndio

O desempenho dos dispositivos, equipamentos e sistemas utilizados na segurança contra incêndio da edificação precisa ser determinado por meio das normas técnicas de especificação.

Cada norma de especificação contém inúmeros ensaios que devem ser feitos para verificar a conformidade. O produto que não atenda a qualquer um dos ensaios previsto na norma é “não conforme a norma”.

Qualquer procedimento fora dessa afirmativa irá comprometer a segurança contra incêndio do edifício pela utilização de um sistema de combate ou detecção que contenha um dispositivo “não conforme a norma”.

7. Conclusão

O significado de laboratório vai além daquele colocado no início desse artigo; portanto, a análise deve ser ampliada.

Cada incêndio em edificações pode ser um laboratório para estudar: causa do início do fogo, tipo e disposição dos materiais combustíveis no crescimento do incêndio, contribuição dos materiais de acabamento no alastramento das chamas, desempenho dos equipamentos de detecção e de combate a incêndio, comportamento das estruturas e muitas outras observações cuja validade e profundidade dependem do conhecimento científico/tecnológico do observador. As informações obtidas, por outro lado, podem ser aplicadas para a melhoria das normas técnicas e dos cursos de segurança contra incêndio, para a elaboração de projetos de pesquisas, na política pública para diminuir o número de incêndios e em outras melhorias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Novo dicionário Aurélio da Língua Portuguesa. 2ª Edição, Editora Nova Fronteira.
- ABNT ISO/IEC Guia 25:1993. *Requisitos Gerais para a Capacitação de Laboratórios de Calibração e de Ensaios*.
- British Standards - BS 5497/87. *Precision of test methods. A Part 1 – Guide for the determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests.*
- SEITO, A.I. *Homologação e certificação*. Revista Incêndio Ano 1 no 3, Grupo Cipa, 1999.
- www.inmetro.gov.br
- www.abnt.org.br

VII
COMPORTAMENTO HUMANO EM INCÊNDIOS

Engenheiro José Moacyr Freitas de Araujo
Membro do G.S.I.- Grupo de Segurança Contra Incêndios do
Núcleo de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – FAU-USP.

1. Introdução

Depoimentos de sobreviventes aos atentados de 11.09.2001, ao WTC, Nova York, revelaram que o treinamento de abandono de local de trabalho foi o grande responsável para que conseguissem buscar as saídas seguras existentes.

Atualmente, no Brasil, se tem dado mais ênfase ao projeto do sistema de segurança contra incêndios e sua implantação, ao invés de quem e como esse sistema vai ser utilizado, seja como equipe de emergência ou como usuário das edificações.

O estudo do comportamento das pessoas em incêndios é importantíssimo para a escolha dos procedimentos, do que fazer em caso de incêndio e o caminho a seguir até a rota de fuga e a saída em segurança.

A intenção aqui é expor quais fatores, dentro da cultura prevencionista brasileira, podem ajudar na decisão de pessoas que estão procurando se evadir de um incêndio, quando têm de escolher entre duas ou mais rotas de fuga internas, requeridas pelos Códigos de Obras e Edificações e Normas Técnicas Oficiais, em circunstâncias nas quais uma saída pode estar obstruída por chamas ou debilitada pela fumaça.

Enfatiza-se a necessidade de melhor conhecimento do comportamento humano com relação a situações de incêndios, condições edilícias, familiaridade com o "layout" e tecnologias de segurança contra incêndio atuais. Além disso: as doenças e síndromes, e os fatores psicológicos e emocionais diante dessas situações adversas.

Tudo isso ocorre para que se direcione o treinamento de abandono de área com maior precisão, que é essencial e indispensável, bem como às ações das brigadas de incêndio e dos usuários das edificações.

Há necessidade de revisões freqüentes desses treinamentos e dos planos de emergência contra incêndio, desenvolvidos especificamente para cada local, com treinamentos de abandono e reuniões periódicas, avaliações de possíveis alterações em "layout", rotas de fuga, e também atualização da relação das pessoas com dificuldade de locomoção e a respectiva atuação da brigada, dirigida para as necessidades específicas. Os treinamentos e procedimentos devem estar direcionados às normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas e Códigos de Obras, os quais devem ser revistos face à realidade do comportamento dos perfis identificados.

Nesse tema foram pesquisados estudos de casos e reportagens sobre incêndios, obtidos em pesquisa bibliográfica, normas técnicas, nacionais e estrangeiras, e também os veiculados pela imprensa escrita, noticiados na Internet, documentários televisivos, bem como a vivência profissional nas áreas de treinamentos, vistorias e análises de projetos de sistemas de proteção contra incêndio, junto ao Departamento de Controle do Uso de Imóveis – CONTRU, na Prefeitura da Cidade de São Paulo e junto ao GSI - Grupo de Segurança contra Incêndios, do Núcleo de Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo – FAU-USP.

A análise desse assunto objetiva, também, motivar o estudo estatístico e evacuação monitorada sobre o comportamento humano em casos de incêndios junto a profissionais da área e em meios acadêmicos, integrando pesquisas envolvendo áreas como engenharia, arquitetura, psicologia, comunicação, matemática, ciências da computação, entre outras.

2. Aprendendo com a história

Desde tempos imemoriais, o homem mantém relações de admiração e temor em relação ao fogo.

Inicialmente, a utilização controlada da fogueira permitiu a iluminação e aquecimento de ambientes, o afastamento e visualização de predadores e inimigos. Posteriormente, houve a aplicação em cocção de alimentos, em queimadas, para preparar o terreno para o plantio, a despeito dos danos à fertilidade do solo, quando não, a falta de controle nessas queimadas provoca o alastramento das chamas, com prejuízo para o ambiente, para as propriedades e para as pessoas.

Assim, para o fogo pode ser feita a analogia com o drama de Édipo, personagem de Sófocles, no qual uma esfinge, monstro mitológico, propõe o enigma: "Decifra-me ou devoro-te".

Os grandes incêndios têm suas características próprias, em função dos cenários em que se desenvolvem. Dentre os elementos que os influenciam estão fatores arquitetônicos, como compartimentação horizontal e vertical, sistema construtivo, afastamento de outras edificações, materiais combustíveis oriundos de decoração, mobiliário e de acabamento; além de outros, como época do ano, efeitos climáticos, presença de ventos e localização geográfica.

Análises e fotos[1] do incêndio no Edifício Andraus, ocorrido em 1972, mostraram que as chamas, em vários momentos, estavam sendo projetadas do outro lado da Avenida São João, pelos fortes ventos. Pela falta de saídas protegidas, inúmeras pessoas se dirigiram à cobertura do prédio e puderam ser resgatadas por helicópteros.

Isso ficou na memória das pessoas.

Dois anos mais tarde, o Edifício Joelma também pegou fogo e muita gente se lembrou do salvamento por helicópteros e se dirigiu ao telhado. Esse prédio está localizado no Vale do Anhangabaú, portanto em uma região baixa e cercada de prédios, com pouca ação de ventos. A fumaça e as chamas ascenderam e dificultaram a permanência das pessoas na cobertura, bem como o sobrevôo sobre o prédio. O resgate aos sobreviventes, pela cobertura, ocorreu após a extinção do fogo. Dos quatrocentos e vinte e dois sobreviventes, trezentos saíram por elevadores e oitenta e um por helicópteros, bem menos que os trezentos e cinqüenta resgatados do Edifício Andraus.

Em fevereiro de 1994, uma reportagem radiofônica ainda fazia apologia ao resgate aéreo. O incêndio na favela de Heliópolis[2] recebeu referência sobre resgates espetaculares usando helicópteros.

No incêndio das torres gêmeas do World Trade Center – WTC, em 11 de setembro de 2003, as escadas de emergência funcionaram perfeitamente para o abandono dos prédios, nos andares abaixo dos impactos dos aviões. Na Torre Norte, três das quatro escadas foram destruídas e na Torre Sul, uma delas. [3]

2.1. COMPORTAMENTO HUMANO EM INCÊNDIOS

2.1.1. INCÊNDIOS PREDIAIS

Conforme relatos de pessoas envolvidas, dentro das torres, nos pavimentos dos impactos das aeronaves e acima, a temperatura insuportável, a fumaça densa, a pouca visibilidade e a dificuldade de respirar tornaram penosa a busca pela única saída existente, na Torre Norte, do World Trade Center - WTC. [4]

As condições críticas durante um incêndio em uma edificação ocorrem quando a temperatura excede a 75ºC, e/ou o nível de oxigênio cai abaixo de 10%, e/ou as concentrações de monóxido de carbono ultrapassam 5.000 ppm. [5] Tais situações adversas induzem a sentimentos de insegurança, que podem vir a gerar o pânico e descontrole e levar pessoas a saltar pelas janelas.

Os meios de escape devem ser constituídos por rotas seguras que proporcionem às pessoas escapar em caso de incêndio, de qualquer ponto da edificação a um lugar seguro, fora da edificação, sem assistência exterior. (The Fire Service College, 1995).

---

[1] **São Paulo (Estado).** Polícia Militar do Estado de São Paulo. Corpo de Bombeiros. Regulamento de segurança contra incêndio das edificações e áreas de risco: Decreto Estadual nº. 46.076/01. – São Paulo: Corpo de Bombeiros, 2005, p. 102.

[2] **JORNAL DIÁRIO POPULAR**. Edição de 18 de junho de 1996.

[3] DWYER, Jim. FLYNN, Kevin. **102 MINUTOS – A História Inédita da Luta pela Vida nas Torres Gêmeas**. Jorge Zahar Editor Ltda. Rio de Janeiro. 2005.

[4] Idem.

[5] THE FIRE SERVICE COLLEGE. **Principles of fire safety**. Ed. The Fire Service College. Moreton-in-Marsh. England. 1995, p. 8.

As rotas de fuga projetadas impropriamente, falhas nos sistemas de comunicação e alarme, propagação de fumaça nos ambientes, bem como a movimentação de fumaça e gases quentes, penetração de fogo e fumaça têm provocado perdas de vidas. Entre as soluções contra esses fatores estão o sistema de iluminação de emergência eficiente e efetivo, sistemas de extinção e de supressão do fogo, a limitação na distância de percurso, controle dos materiais de acabamento, portas corta-fogo e resistentes à penetração de fumaça, ventilação natural para auxiliar na extração de gases e rotas de fuga desobstruídas, protegidas e bem sinalizadas, localização e capacidade adequadas para promover pronta evacuação dos ambientes pelos ocupantes. [6]

As edificações devem ser projetadas e construídas de modo a garantir a proteção das vidas humanas contra os efeitos fatais oriundos do fogo. Entre esses riscos encontramos as queimaduras (fatais ou não), asfixia, envenenamento, contusões, irritações, cortes, etc.. Os efeitos secundários do fogo ocorrem por falta de oxigênio, fumaça, gases nocivos, agressivos ou tóxicos, pânico, colapsos materiais ou estruturais etc.. [7]

No incêndio do Edifício Joelma, as pessoas na rua improvisaram faixas procurando acalmar as pessoas dentro do prédio, informando que o fogo havia acabado e que não saltassem, encontrando morte certa, mesmo assim, várias pularam.

A maioria dos especialistas em segurança contra incêndios não recomenda o resgate aéreo como rota viável em um edifício alto durante um incêndio. O uso de helicópteros deve ocorrer em último caso e sob condições muito específicas (DWYER e FLYNN, 2005).

A cobertura dos prédios está sujeita a muitas variáveis em caso de sinistros, como a existência, ou não, de local para pouso de helicópteros e embarque de pessoas, pois muitos prédios antigos possuem telhados na cobertura, refletores, antenas, painéis de propaganda, ocorrência de acessos trancados para terraços, entre outros. Há ainda os efeitos do incêndio, por meio de fumaça densa, calor excessivo e ventos fortes. Os helicópteros necessitam de ventos ascendentes para se manter em vôos e o calor pode tornar o ar rarefeito, prejudicando a estabilidade desses veículos (DWYER e FLYNN, 2005, p. 159).

2.1.2. INCÊNDIOS EM MEIOS DE TRANSPORTE E FLORESTAIS

Muitas das ocorrências envolvendo incêndios abrangem meios de transporte, como aeronaves, navios, trens, ônibus, submarinos, construções especiais, como túneis, plataformas marítimas. Cada uma dessas atividades deve desenvolver o plano de contingência específico para o seu risco inerente.

2.2. PÂNICO

As pessoas têm reações diferentes diante de situações adversas, em caso de sinistros, quando sentem ameaçadas em sua integridade física.

Em um incêndio, o comportamento mais freqüente é a tensão nervosa ou estresse, e não a reação de medo e que foge ao controle racional, ou seja, o pânico. Normalmente, as pessoas demoram a reagir diante de uma situação de incêndio, como se estivessem paralisadas nos primeiros minutos, não acreditando que estejam sendo envolvidas numa situação de risco grave. [8]

Um dos fatores cruciais é a informação disponível associada ao tempo, pelo recebimento tardio do aviso de incêndio, quando as situações de fogo e fumaça estão mais severas, para se buscar uma resposta. O descobrimento sobre a gravidade do incêndio, qual a direção a seguir, muitas vezes em ambiente com fumaça, tende a gerar muita tensão nervosa.

Portanto as situações que podem dificultar o controle emocional advêm da demora da disponibilidade de informações sobre o que está acontecendo, qual a severidade do evento, atraso na divulgação de um incêndio e como proceder e dispor de saídas protegidas.

---

[6] MALHOTRA, H.L. **Fire safety in buildings**. Building Research Establishment, Report, Department of the Environment, Building Research Establishment, Fire Research Station. Borehamwood, 1987, p. 64 e 65.

[7] ROSSO, Teodoro. **Incêndio e arquitetura**. ROSSO, Teodoro. Incêndios e Arquitetura. Volumes I e II, março, 1975. Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo. p 304.

[8] MONCADA, Jaime A. **Caos o pánico...Qué pasa durante el processo de evacuación em um incendio?** NFPA Journal latinoamericano, jun. 2005, p. 4.

2.3. COMPORTAMENTO DE ESCOLHA DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA

Como enfatiza a ISO 6241 – Performance standards in building, as edificações, no todo ou suas partes, devem possuir elementos de segurança para diminuir o risco de início de um incêndio, limitar sua propagação e os efeitos do calor e fumaça para possibilitar condições de evacuação de pessoas em tempos eficientes. [9]

Quando há opções de escolha entre rotas de fuga, dentre os fatores que influenciam a escolha das saídas de emergência[10], e que podem estimular ou intimidar pessoas que estão procurando escapar de um sinistro, estão a fumaça, o calor e cheiro, características individuais como idade, dificuldade de locomoção, parcial ou total, temporária ou permanente.

Outros tipos de exposições prováveis, além da perda de visibilidade e do calor, que podem gerar condições perigosas, são a presença de produtos tóxicos e irritantes, obscurecimento das rotas de fuga por fumaça e o colapso estrutural. [11]

Existe a tendência de as pessoas a adotar o percurso mais familiar para a saída, que é a entrada normal da edificação, do que uma saída de emergência pouco familiar (SIME, 1991).

3. Abandono de edificação em caso de sinistros

O National Institute of Standards and Technology (NIST) publicou o resultado de entrevistas pessoas que saíram do incêndio nas torres gêmeas, do WTC. Relataram que houve uma demora, em torno de seis minutos, para iniciarem a reação, tendo desligado seus computadores, pegado objetos pessoais, telefonaram em vez de se dirigirem para as saídas de emergência. Em geral, o ser humano reage lentamente a uma emergência (MONCADA, 2005). Isso é agravado, em caso de casas noturnas, nas quais são acrescentados os efeitos do álcool, drogas, luzes fortes intermitentes e som alto.

A maioria das pessoas que sobrevive às situações de emergência não é a mais jovial e forte, mas a que está mais consciente e preparada de como agir nessas situações.

Isso é comportamento adquirido com treinamento específico, no caso, de abandono de área em situações de emergência. Os sistemas de combate a incêndios devem estar em perfeitas condições de operacionalidade, bem projetados e instalados, e pessoal da equipe de emergência bem treinada para aplicar o plano de abandono desenvolvido para cada edificação, contemplando suas especificidades, atualizando freqüentemente a relação de pessoas com dificuldade de locomoção, visando à incolumidade dos ocupantes, à proteção ao patrimônio e ao meio ambiente.

Durante um incêndio, as pessoas que estiverem em um local fechado devem tocar a porta, antes de abri-la, sentir a temperatura e procurar sentir se há pressão, de fora para dentro do ambiente. Caso haja alguma indicação de fogo no ambiente ao lado, se não puder sair, deve procurar vedar as frestas e sinalizar a presença pela janela.

No WTC, quando a fumaça e o calor invadiram os ambientes, muitas pessoas quebraram janelas, buscando refrescar o local, e a entrada desse ar fresco trouxe os gases aquecidos para essas janelas. Várias pessoas saltaram pelas janelas, sozinhas ou de mãos dadas, mas tantas outras, que estavam mais próximas dos parapeitos, acabaram sendo empurradas pelas outras que buscavam respirar (DWYER e FLYNN, 2005, p. 156).

A fumaça, que dificulta a visibilidade, durante um incêndio, contém CO, entre outros gases, que possui mais afinidade com a hemoglobina do sangue que o oxigênio. Isso afeta o sistema nervoso central provocando sintomas como mal-estar, distúrbios de funções motoras, perda de movimento, perturbações de comportamento (fobia, agressividade, pânico, coma, etc.). A escassez de oxigênio pode ocasionar a morte de células do cérebro e levar à lesão que causa parada respiratória e morte.

Os projetos de arquitetura das edificações precisam considerar a movimentação de fumaça dentro dos ambientes em caso de incêndio, e promover barreiras arquitetônicas e sistemas de extração de gases, além dos sistemas de proteção e combate.

As rotas de fuga devem conduzir a saídas de emergência adequadas para a população prevista para o local.

---

[9] NTERNATIONAL STANDARD ISO 6241. **Performance standards in building – Principles for their preparation and factors to be considered.** First edition – UDC 69.001.3 Ref. N. ISO 6241-1984 (E)

[10] SIME, Jonathan D. **Human behavior in fire.** Building use and Safety Research Unit (BUSRU) School of Architecture Portsmouth Polytecnic. London, 1991.

[11] BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **Fire safety engineering in buildings. Part 1. Guide to the application of fire safety engineering principles.** (BS 7974), London, 2001.

Essa adequação precisa considerar que a tendência do mercado de construção é de prédios maiores e, também, cada vez mais altos.

As saídas de emergência devem atender à demanda da população, em caso de sinistros, seja por compartimentação, rotas de fuga, escadas de emergência, áreas de refúgio, seja por elevadores de emergência totalmente protegidos da ação de gases e chamas, com sistema de alimentação de energia independente do geral da edificação.

3.1. BRIGADA DE INCÊNDIO

É o grupo organizado de pessoas treinadas e capacitadas para atuar na prevenção e no combate ao princípio de incêndio, abandono de área e primeiros socorros, conforme definição da NBR 14276:2006 - Brigada de incêndio - Requisitos, da ABNT.

Essa equipe, bem dimensionada e treinada, deve ser capaz de executar perfeitamente o plano de abandono para o local, elaborado conforme NBR 15219:2005 - Plano de emergência contra incêndio - Requisitos, prestar o atendimento pré-hospitalar e, se possível, atacar o foco de princípio de incêndio.

A prioridade deve ser a preservação da vida, dos ocupantes e também dos brigadistas.

Geralmente, as grandes empresas possuem equipes de brigadas de incêndio, com excelente qualidade técnica, aptas para atenderem às peculiaridades do local, sejam shoppings centers, refinarias, plataformas marítimas, entre tantos outros, mas a grande maioria das edificações que dispõe de equipes com um treinamento anual, por melhor que tenham sido treinadas, sem os equipamentos de proteção individual prescritos na norma de brigada, precisam priorizar a saída das pessoas.

Qual é o limite para princípio de incêndio?

Se a brigada precisar desenvolver uma ou duas linhas de hidrantes para atacar o fogo, ainda é considerado princípio?

A prevenção deve cuidar para que o incêndio não aconteça e verificar os equipamentos de proteção e combate, mantendo as rotas de fuga, saídas de emergência e portas corta-fogo sempre desobstruídas, para que todo o sistema de segurança contra incêndio funcione como projetado.

3.2. CARACTERÍSTICAS DOS OCUPANTES

O relatório da NFPA[12] menciona que a maioria dos incêndios em prédios elevados ocorre em quatro classes de edifícios: escritórios, hotéis, apartamentos e hospitais.

Os edifícios de escritórios, atualmente, estão sendo projetados e construídos para maximizar o espaço disponível, com divisórias baixas, como estações de trabalho. Isso adensa e aumenta a população no pavimento, diminui a compartimentação, o que facilita uma possível contaminação de fumaça, em uma situação de incêndio. Mas, via de regra, a maioria da população está familiarizada com as rotas de fuga e saídas de emergência, fato que facilita a evacuação do ambiente, se houver necessidade de abandono de área.

Em hotéis, o público usuário é rotativo e nem sempre está habituado a observar onde estão as saídas de emergência e os procedimentos de emergências. No Anexo, consta um exemplo de norma de comportamento em caso de incêndio de um hotel.

Os incêndios em apartamentos têm, na maioria das vezes, a particularidade de permanecerem confinados dentro da unidade de origem, face à compartimentação dos ambientes.

Em hospitais, há setores em que as pessoas internadas não podem ser facilmente removidas, como centros cirúrgicos, unidades de terapia intensiva; deve haver, portanto, cuidadosa compartimentação e rigoroso controle de materiais e equipamentos contra a eventualidade de um princípio de incêndio.

Nos locais em que as pessoas permanecem em vigília, por exemplo, em locais de trabalho, o tempo de reação aos alarmes é inferior aos ambientes em que pessoas repousam ou apresentam dificuldade de locomoção, a exemplo de hospitais e até mesmo de edificações prisionais, principalmente se não estiverem familiarizadas com as rotas de fuga e saídas de emergência, como nos hotéis e assemelhados.

---

[12] HALL JR., John R., **HIGH-RISE BUILDING FIRES**, NFPA, August 2005, Disponível em: http://www.nfpa.org/itemDetail.asp?categoryID=419&itemID=18250&URL=Research%20&%20Reports/Fire%20reports/High-rise%20fires. Acesso em 07 fev. 2007.

3.2.1. TEMPO DE INCÊNDIO

Os incêndios aumentam exponencialmente sua intensidade em função da taxa de calor liberado e do tempo decorrido, até que sejam controlados pelos sistemas de supressão ou, em outro extremo, comecem a declinar, após a fase de inflamação generalizada, com o consumo dos elementos combustíveis, quer sejam sólidos, líquidos ou gasosos.

O tempo para escape completo **(Tesc)** da população de uma edificação é composto pelo somatório dos tempos decorridos do início da ignição até a detecção e o alarme ao fogo **(Talarm)**, acrescido do tempo de pré-movimento, os quais incluem os tempos de reconhecimentos da existência do evento e de reação ao alarme para o início do abandono **(Tpre)**, e o tempo da efetiva movimentação até a evacuação completa **(Tmov)**.

O tempo-limite, em que as condições de calor, chama, fumaça e insuficiência de oxigênio tornem a manutenção da vida humana insustentável, é o período-limite de sustentabilidade da vida **(Tls)**.

Logo, o **Tesc** deve ser inferior ao **Tls**, ou seja:

Tesc < Tls

onde, **Tesc = Talarm + Tpre + Tmov.**

Caso **Tesc > Tls**, haverá fatalidades.

3.2.1.1 TEMPO DE PRÉ-MOVIMENTO (TPRE)

O tempo de pré-movimento deve receber maior atenção, pois as pessoas, via de regra, não reagem prontamente a um alarme sonoro de incêndio, pois ele suscita dúvida, e os usuários gastam um tempo precioso para reconhecimento desse alarme e para uma tomada de atitude, até decidir a abandonar o ambiente. Essa demora deve ser evitada com treinamentos freqüentes de abandono de local. Uma prática salutar em locais de hospedagem é divulgar que o sistema de alarme de incêndio é testado periodicamente, em dia da semana e horário marcado, para que os usuários possam identificá-lo e, de forma automática, associá-lo aos procedimentos para evacuação do local. As pessoas com alguma dificuldade de locomoção devem avisar a recepção para receberem atenção especial no caso de um incêndio real.

Idealmente, podem existir dois tipos de mensagens informativas sonoras, compostas de texto e tom; a primeira, chamando a atenção dos ouvintes, esclarecendo que é um alarme de advertência, e se, após esse, for acionado um outro diferente, é para seguir as orientações dos brigadistas e abandonar o prédio.

Os sistemas informativos de advertência de incêndio são mais eficientes e eficazes que o alarme tonal de incêndio, para encorajar uma pronta evacuação e informar o público imediatamente se houver qualquer indicação de um perigo potencial para suas vidas (Sime, 1991).

As brigadas de incêndio devem estar sempre preparadas para executar o plano de abandono e enfrentar o fogo, se possível.

4. Conclusões

O comportamento humano em situações de incêndios é diretamente influenciado pelas condições locais, em que a pessoa estiver e pelo conhecimento do que fazer e por onde seguir.

O abandono de local em emergências é o comportamento de sair rápido por uma rota de fuga e isso depende do recebimento do aviso de incêndio, se precoce ou tardio, e da familiaridade da saída de emergência de onde estiver.

A lista, a seguir, expõe os principais fatores de escolha de saída:

1. o escurecimento de ambiente pela fumaça, que pode causar irritação e toxicidade.
2. características do incêndio, como calor e cheiro.
3. familiaridade com as rotas de fuga.
4. características como idade, debilidades e incapacidades.
5. orientação existente antes do incêndio, em como proceder em caso de incêndio.
6. níveis de iluminamento e fonte de luz.

7. tipo de função do usuário, se funcionário ou público externo à edificação.
8. grupo de relacionamento, em que pessoas ligadas por laços afetivos tendem a permanecer juntas.
9. posição e proximidade da pessoa até uma saída.
10. informação / comunicação do incêndio.
11. sinalização da saída de emergência (Sime, 1991).

Para os ocupantes das edificações, as saídas conhecidas são mais procuradas do que rotas de fuga não familiares, e a sinalização é menos importante que a regularidade do uso; logo, os treinamentos de abandono de área devem condicionar os usuários a proceder conforme o plano de abandono e seguir por rotas seguras. A familiaridade com os caminhos a percorrer pode reduzir o tempo de pré-movimento (Sime, 1991).

Os extintores de incêndio e hidrantes, raramente, são usados pelos que não forem brigadistas, e são menos efetivos sem treinamento periódico.

As pessoas devem estar atentas a avisos precoces, como barulhos estranhos, como vidros quebrando e atividade extra dos outros ocupantes.

Devem ser providenciadas as comunicações iniciais sobre sinistros para evitar a busca por informações adicionais, que podem ser desencontradas e provocar indecisões.

Cada demora pode ser perigosa. Ações em estágios iniciais têm influência mais efetiva em eventuais evacuações.

5. Anexo

5.1. EXEMPLO DE NORMA DE COMPORTAMENTO EM CASO DE INCÊNDIO

Starhotels Metrópole, situado na Via Princ. Amadeo, 3 – Roma.

O texto abaixo foi afixado no lado interno da porta de um apartamento do Hotel Metrópole, em Roma, junto de um mapa do pavimento indicando onde o hóspede está em relação aos corredores, saídas de emergência sinalizadas, trajetos em linha vermelha e tracejado preto, botoeiras de alarme de incêndio, iluminação de emergência e equipamentos de combate a incêndios com extintores de incêndio e hidrantes.

"Se possível, alcançar a escada de emergência seguindo o percurso "A" indicado com a linha tracejada em vermelho.

Se não for possível alcançar a escada de emergência, seguir o percurso "B" (indicado com tracejado preto) que remete à escada principal.

Em todos os casos, não servir-se absolutamente dos elevadores.

Se não for possível usar o corredor, permanecer no próprio quarto com intenção de ser socorrida, mantendo a calma e assinalando a própria presença.

5.2. INSTRUÇÕES DE INCÊNDIO

Se você descobrir um incêndio:

1. Imediatamente acione a botoeira de alarme de incêndio mais próxima.
2. Ataque o fogo, se possível, com os equipamentos instalados, mas sem riscos pessoais.

Ao ouvir o alarme:

3. Deixe a edificação e siga para o ponto de reunião B."

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ÁLVAREZ, E. *Incêndio na discoteca Cromagnon.* NFPA Journal Latinoamericano, Quincy, nº 2.

• ÁLVAREZ, E, MONCADA, J. A. *O incêndio do supermercado Ycuá Bolaños.* NFPA Journal Latinoamericano, Quincy, nº 3

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9050/04 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.* Rio de Janeiro.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 9077/01 Saídas de emergência em edifícios.* Rio de Janeiro: 36 p.

• *Acidente aéreo mata 29 passageiros no Irã.* Disponível no endereço: http://www1.folha.uol.com.br/folha/mundo/ult94u99641.shtml Acesso em 14 set.06

• FOLHA DE SÃO PAULO. *Avião atingiu escada de emergência e cortou saídas.* Edição de 19 de julho de 2007, p. C12.

• FOLHA DE SÃO PAULO. *Sobrevivente convenceu colega a não pular do prédio.* Edição de 20 de julho de 2007, p. C7.

• *Incêndio em avião indonésio.* Disponível no endereço: http://www.afp.com/portugues/home/. Acesso em 07 mar. 2007.

• *Incêndio destrói três navios no Egito.* Disponível no endereço: http://noticias.terra.com.br/mundo/interna/0,,OI1002108-EI294,00.html. Acesso em 12 mai. 2006.

• *Incêndio em navio.* Disponível no endereço: http://noticias.terra.com.br/mundo/interna/0,,OI1315755-EI294,00.html. Acesso em 26 dez. 2006

• Incêndio em trens no Egito. Disponível no endereço: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/story/2006/08/060822_egitotrem2dg.shtml. Acesso em 16 jan. 2007.

• *Incêndio na estação King's Cross, Londres, Inglaterra.* Disponível no endereço: http://news.bbc.co.uk/onthisday/hi/dates/stories/november/18/newsid_2519000/2519675.stm. Acesso em 08 set. 2007.

• *Incêndio no submarino Kursk.* Disponível no endereço: www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/001027_kursk.shtml. Acesso em 08 set. 2007

• *Incêndio no túnel Mont Blanc.* Disponível no endereço: http://www1.folha.uol.com.br/folha/bbc/ult272u39200.shtml. Acesso em 08 set. 2007

• *Incêndio em hospital em São Paulo.* Disponível no endereço: http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u113093.shtml. Acesso em 15 set. 2005.

• *Incêndio em hospital na Rússia.* Disponível no endereço: http://g1.globo.com/Noticias/Mundo/0,,AA1381735-5602,00.html. Acesso em 18 dez. 2006.

• *Incêndios florestais na costa oeste dos EUA.* Disponível no endereço: www.bbc.co.uk/portuguese/noti.../010815_euafogo.shtml. Acesso em 08 set. 2007

• *Incêndio em metrô sul-coreano.* Disponível no endereço: http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2003/030219_seuldi.shtml. Acesso em 08 set. 2007.

• NFPA Journal, March/April 1995. *A study of human behavior during the World Trade Center evacuation.*

• *The Station Concert Club in Rhode Island.* Disponível no endereço: http://news.bbc.co.uk/2/hi/entertainment/3169633.stm. Acesso em 08 set. 2007.

VIII
SAÍDAS DE EMERGÊNCIA EM EDIFICAÇÕES

Cel Reserva PM Heliodoro Alexandre Abolins
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Major PM Flávio José Bianchini
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1º Tenente PM Luiz Henrique Nomellini
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Introdução

Este é um trabalho que se destina a profissionais de projetos, de execução de obras e para alunos dos cursos de arquitetura e engenharia. Reúnem dados de pesquisa teórica, prática, normas e legislações de proteção contra incêndio para orientação a um sistema de saídas de emergência em edificações. Os dados apresentados neste trabalho reúnem conceitos gerais, fundamentais para a concepção de saídas de emergências seguras, portanto independem do tipo de edificação. Em relação aos tipos de escadas de segurança apresentados, o conceito é geral, mas há a necessidade de sempre ser verificado nas legislações estaduais e municipais qual é o tipo e a quantidade de escadas especificadas para cada tipo de ocupação de uma edificação.

A falta ou inobservância de detalhes construtivos integrantes do sistema de saídas de emergência acarreta, no caso de utilização real, o desencadeamento de lesões corporais, entrada em pânico e até casos mais graves.

A construção do sistema de saídas de emergência deve estar em condições de dar conforto mínimo e segurança ao usuário. É peça fundamental no sucesso da retirada de pessoas de locais sinistrados. Em poucos segundos a pessoa é submetida à intensa carga física e emocional para qual normalmente não está preparada e a construção estar isenta de riscos desnecessários.

2. Saídas de emergência em edificações

2.1. OBJETIVO

Fornecer aos profissionais de projeto, de execução e alunos dos cursos de arquitetura e engenharia as ferramentas para planejar e executar o sistema de abandono em caso de emergência em qualquer tipo de edificação: residencial, comercial, industrial, social, institucional, etc.

2.2. REALIDADE

Nossas legislações são rigorosas em determinadas situações, deixando lacunas em outras. É na lacuna que se encaixa saídas de emergência, pois em vários municípios não há legislações que especifiquem a obrigatoriedade de ser seguido orientações específicas ou a própria norma brasileira que trata do assunto, a norma NBR 9077; ressaltamos ainda que a própria NBR 9077 está em processo de revisão.

2.3. EVACUAÇÃO SOB O ASPECTO DA PREVENÇÃO

Conjunto de medidas jurídicas e administrativas destinadas a proteger pessoas e bens contra riscos, antes que se manifestem, no momento e, após.

2.4. EVACUAÇÃO SOB O ASPECTO HUMANO

A busca incessante de controle de gastos e diminuição de custos nas obras leva vários profissionais a ignorar itens fundamentais nas saídas de emergência, como resultado temos a inconsciência, a imprudência, o risco para os outros; a negligência; a inconseqüência e a ignorância. É para a proteção do homem que existe a legislação e o correto projeto suprindo as falhas do aspecto humano e salvaguardando os bens. Nas sociedades evoluídas é dado um valor inestimável às pessoas e as perdas de vidas humanas são consideradas como inaceitáveis.

"O PREVENCIONISTA (PROJETOR OU EXECUTOR) NÃO PODERÁ SER AMADOR"

3. Planejamento de vias de evacuação

Aqui serão expostos diversos fatores cada qual com a sua importância no sistema de evacuação, ou seja, normalmente a de eliminar ou aliviar o pânico.

3.1 FATOR HUMANO

É o primeiro fator a ser apresentado. Analisou-se as dimensões de uma pessoa, largura ombro a ombro e a espessura da parte frontal até a parte dorsal e transformou-se em uma elipse corporal na qual o eixo maior físico seria em torno de aproximadamente 0,60m e o eixo menor 0,46m. Nessa elipse corporal, que ocupa cerca de 0,276 m^2, é que reside o sucesso de uma evacuação. É dentro da metragem ocupada pelo elemento humano que o planejamento deve ser executado.

Dentro da elipse ocupada existe uma variação do movimento, que é determinado pelo: sexo e idade da pessoa; se a evacuação será em subida, em descida; e a evacuação será em andar normal, ou em andar com vários leiaute. Logicamente cada indivíduo, mantendo a sua área de caminhamento, fará com que a movimentação das pessoas seja feita sem o contato pessoal evitando lesões e pânico.

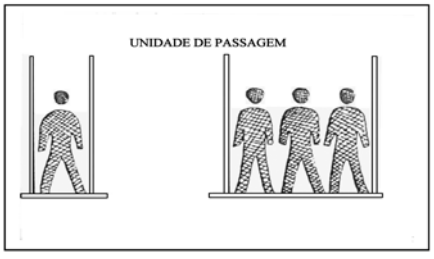
No momento em que a elipse corporal vai diminuindo sua dimensão, inicia-se um processo de contato entre as pessoas. Portanto todo o planejamento das rotas de fuga (escadas, rampas, corredores, etc.) deve ser feito respeitando o espaço ocupado pela área de cada elemento humano.

Dentro do espaço ocupado pelo indivíduo surgiu o conceito de "Unidade de Passagem" que é o eixo maior da elipse corporal (largura dos ombros), ou seja, de acordo com a NBR 9077 está estipulado 0,55m para cada unidade de passagem para determinação das larguras mínimas de emergência a serem adotadas.

3.2. DENSIDADE DE OCUPAÇÃO

A densidade de ocupação de pessoas pode ser feita da seguinte maneira:

O comprimento do passo de uma pessoa, bem como sua velocidade deve ser ensaiada para se analisar a disponibilidade do espaço na rota de evacuação. A densidade é calculada dividindo-se o número de pessoas pela área de evacuação ocupada ou a ser ocupada. Como exemplo podemos citar as dimensões da elipse corporal do adulto (0,60 x 0,46m) e da criança (0,30 x 0,17m).



3.3. VELOCIDADE

A velocidade depende da constituição física de cada um, da idade e da densidade de ocupação na rota de abandono da edificação.

Permite-se afirmar que o ângulo formado pelas pernas resulta em uma dimensão quase idêntica dos passos das pessoas. Portanto o comprimento do passo de um adulto pode ser estimado em 0,70m e o comprimento do pé em 0,25m, resultando em densidade linear de D=0,7 + 0,25=0,95 metros/pessoa. Na prática observa-se que a distância é diminuída para 0,80 m/pessoa em razão da existência de outras pessoas nas rotas de evacuação.

3.4. FATORES QUE ALTERAM O MOVIMENTO

Pelos dados apresentados, temos a determinação da velocidade a ser desenvolvida pela massa humana. Em termos gerais a prática tem demonstrado que na horizontal, uma cadência ideal para as pessoas é de 76 metros por minuto, propiciando conforto e segurança.

Quando o movimento tem uma restrição aproximando-se dos 45 metros por minuto, é quando se originam os contatos físicos, onde os espaços são disputados pela força física, causando as lesões e dando origem ao pânico. Os dados abaixo permitem o cálculo do fluxo de pessoas por unidade de passagem, observando-se a velocidade de 76 metros/minuto:

Na horizontal:

- 88 pessoas por minuto por unidade de passagem.
- Na descida 69 pessoas por minuto por unidade de passagem.
- Na subida 62 pessoas por minuto por unidade de passagem.

3.5. DEFINIÇÃO DE MEIOS DE ESCAPE

A necessidade de concepção e planificação da evacuação das edificações estabelece problemas numerosos e complexos que requerem avaliações de ordem técnica e econômica, com vistas a obter as condições de segurança desejadas a um custo mínimo, sempre na investigação dos princípios que governam o movimento de massas humanas em condições de evacuação normal e de urgência.

Entre os princípios que inspiram e orientam a seleção de critérios, em vista da predisposição a um sistema organizado para a evacuação de urgência, temos que:

3.5.1. REGULAR OS TEMPOS DE EVACUAÇÃO ADMISSÍVEIS

Que podem ser calculados pela fórmula abaixo, que é o resultado teórico no qual determina-se o tempo de saída (SEGUNDOS) de pessoas localizadas no ponto mais desfavorável ou distante da edificação até a rua (ponto seguro).

$$T.S. = \frac{N}{A \times K} + \frac{D}{V}$$

onde:

T.S. = tempo de saída em segundos

N = número de pessoas (localizadas no ponto mais desfavorável)

A = largura das saídas (unidade de passagem) em metros

K = constante experimental; 1,3 pessoas por metro por segundo

D = distância total a percorrer em metros (do ponto **mais desfavorável até a rua)**

V = velocidade de deslocamento: 0,6 metros/segundo.

3.5.2. REGULAR AS DIMENSÕES DAS SAÍDAS E DAS ROTAS DE EVACUAÇÃO

Sendo determinadas em função da destinação das edificações de acordo com o critério de previsão do tempo teórico de evacuação, cuja duração deve ser estabelecida de forma que o tempo não possa provocar efeitos prejudiciais sobre o organismo humano (tensão emocional).

Os tempos demasiadamente grandes para evacuações resultam incompatíveis com a segurança dos ocupantes, que por outra parte pode incluir pessoas idosas, enfermas ou mesmo inválidas temporária ou permanentemente (cegos, gestantes, surdos-mudos).

3.6. FATORES QUE AFETAM OS MEIOS DE ESCAPE

O movimento de pessoas é um processo importante em cada tipo de edificação. A evacuação em emergência é um assunto especial de movimentação de pessoas, e que apresenta diferentes tipos:

3.6.1. MOVIMENTO INDIVIDUAL OU DE MASSAS

Pode ser caótico (pessoas se movimentando em várias direções).

3.6.2. MOVIMENTO LIVRE

Quando as condições permitem a rápida mudança de direções.

3.6.3. MOVIMENTO CONFUSO

Quando o movimento é obstruído por movimentação de outras pessoas em direções contrárias.

Levando-se em conta os princípios acima, os cálculos para as várias dimensões são previamente determinados para permitir uma movimentação uniforme das pessoas baseada no princípio de que, tanto a quantidade como as dimensões das rotas de fuga e saídas obedeçam a quatro condições de maneira simultânea. Elas são:

a) a distância máxima a ser percorrida pela pessoa, para atingir um local seguro, seja um espaço livre exterior, seja um área de refúgio ou uma escada de segurança.

b) a largura total das saídas seja no mínimo igual às determinadas por lei (quando ela existir).

c) o número de saídas para evacuação seja no mínimo igual às determinadas por lei (quando esta existir).

3.6.4. O FATOR TEMPO DE EVACUAÇÃO

Depende da construção e da natureza da ocupação, é o tempo necessário para que todos os ocupantes de uma edificação consigam atingir um local seguro previamente estabelecido. Depende de:

a) características da população: número de ocupantes, sua distribuição pela edificação, sua condição física, suas reações, seu estado físico e mental; tempo que dormiu ou o tempo que esteja acordado e se é ou não treinado para enfrentar emergências.

b) tipo de atividade exercida: natureza dos componentes, dos processos industriais, etc..

c) instalações industriais abertas: são consideradas de alto risco para a evacuação. São os processos industriais que em fração de segundos colocam em risco uma grande área. A saída de funcionários de plataformas e torres de refinação devem estar no sistema de evacuação e receber um tratamento particular e requerem um treinamento específico (indústrias químicas, petroquímicas).

Saídas de emergência bem planejadas atenuam o pânico quando da ocasião de sinistros.

Durante o período de evacuação a população envolvida procura determinados pontos de apoio para servir de orientação. São eles:

3.6.4.1. CORREDORES

É no corredor que a calma necessária durante a evacuação é formada e onde a área deve ser suficiente para acomodar as pessoas com relativo conforto e segurança. Um corredor que não possua ou que não leve a uma escada de segurança, a uma área de refúgio ou ao piso de entrada não deve entrar no projeto de uma rota de fuga, os corredores devem ter as características: de posição e espaço completamente desobstruídos, com trânsito livre para as pessoas, além de luz e ventilação necessários ao bom andamento, também deve possuir materiais de acabamento e de revestimento incombustível e largura de acordo com as necessidades de unidades de passagem.

1) degraus: devem ser construídos para permitir um avanço harmonioso da massa humana ao longo de seu percurso. Devem ser rigorosamente balanceados, pois na prática, constata-se que a sua não observância resulta em reação nada confortável nas pernas e coxas, originando até acidentes.

De acordo com a norma NBR 9077 – Saídas de emergência em edifícios, os degraus devem:

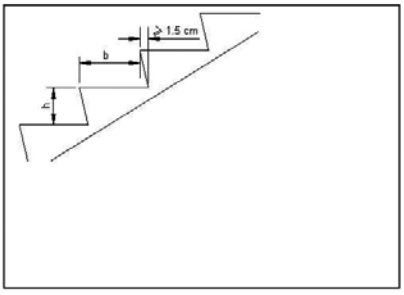
a) ter altura h compreendida entre 16 cm e 18 cm, com tolerância de 0,5 cm.

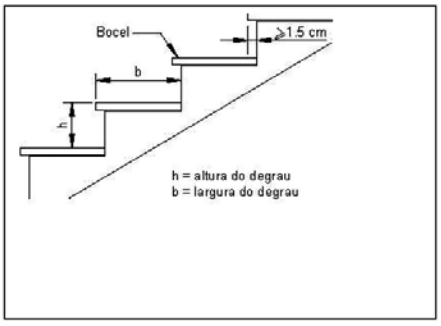
b) ter largura b dimensionada pela fórmula de Blondel: 63 cm ≤ (2h + b) ≤ 64 cm.

c) ter, num mesmo lanço, larguras e alturas iguais e, em lanços sucessivos de uma mesma escada, diferenças entre as alturas de degraus de, no máximo, 5 mm.

O lanço mínimo deve ser de três degraus e o lanço máximo, entre dois patamares consecutivos, não deve ultrapassar 3,7 m de altura.

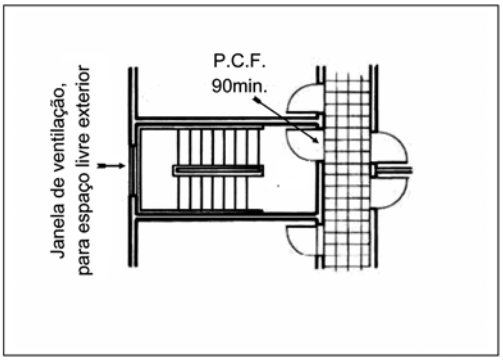
Deve ter característica de ser incombustível e antiderrapante.



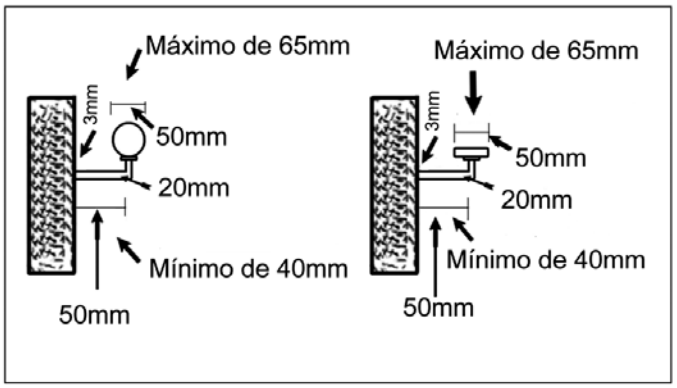


3.6.4.2. ESCADAS DE SEGURANÇA

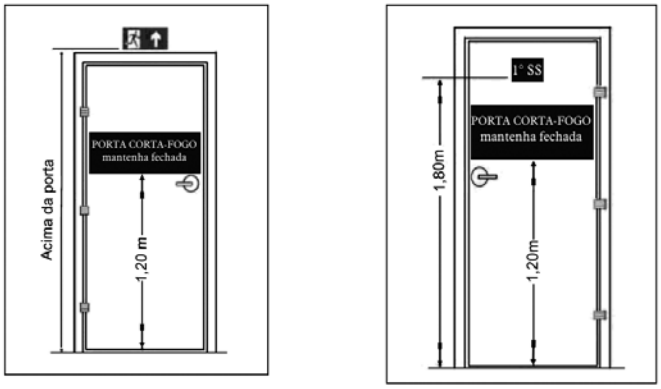
Todos os níveis da edificação deverão ter comunicação por escadas, com resistência ao fogo compatível com a ocupação. Deverão possuir sistema de ventilação, facilitando a aeração e a extração de possível entrada de fumaça. Devem ter lances retos. Em alguns tipos de escadas de segurança há a necessidade de haver portas cota fogo, dutos de ventilação ou ainda a pressurização da caixa da escada.



a) corrimãos: é um grande aliado na eliminação do pânico. Um excelente ponto de apoio.



b) sinalização e iluminação de emergência: também fazem parte dos componentes de atenuação de entrada ao pânico, além de serem medidas obrigatórias para orientar as rotas de fuga das edificações, seja nas escadas de segurança, nos corredores, nas portas de saídas, etc.



4. O fator humano - velocidade das pessoas

A finalidade do presente capítulo é justificar e analisar alguns aspectos do ponto de vista da velocidade de deslocamento e sua implicação na evacuação.

É por meio do treinamento em conjunto que se obtém a familiarização das pessoas para a cadência e movimentação adequada: *nunca correr* deve ser a principal regra a fim de não contribuir para o fator pânico e desgaste físico desnecessário.

A inclusão da educação da velocidade de locomoção pode ter como palco: as rotas de evacuação de modo geral; as escadas, a rampas; os corredores e demais dependências.

O projeto das saídas de emergências deve ser de tal maneira que permita o estudo mecânico do equilíbrio pelo correto balanceamento dos degraus, da correta inclinação das rampas e corredores e do dimensionamento das larguras indicadas por normas de forma a manter o *equilíbrio* da velocidade.

Outros aspectos importantes na velocidade das pessoas:

a) ângulo do passo: que é formado pela linha de direção da marcha e o eixo do pé, que se cruzam por detrás. Apresentam-se de formas diferentes dependendo se a evacuação é na horizontal, subida ou descida.

b) cadência da marcha: é o número de passos por minuto, que depende do local, do treinamento das pessoas e da densidade populacional na rota de evacuação.

c) velocidade: é o espaço percorrido por minuto, é igual ao produto do passo por sua cadência.

5. Iluminação nas rotas de evacuação

A iluminação também se constitui em um dos mecanismos que poderão levar ou não ao pânico. Para tanto deve ser bem planejada e que seja bem dinâmica, isto é, que acompanhe as necessidades visuais das pessoas e proporcione suficiente nível de iluminação fornecendo suficiente segurança aos usuários.

O nível de iluminamento das vias de evacuação de acordo coma NBR 10898 – Sistema de iluminação de emergência estabelece para escadas rampas e áreas com obstáculo o valor de 5 lux no piso, nos corredores, áreas planas sem obstáculos ou emendas de carpetes ou outras irregularidades o valor é de 3 lux.

Na prática existe uma realidade a ser considerada, à medida que a densidade populacional nas vias de abandono de uma edificação aumentam, a iluminação torna-se insuficiente, acarretando a diminuição da velocidade das pessoas, diminuindo a área da elipse corporal, originando o contato entre as pessoas e originando o pânico. O projetista deverá ter consciência de mais esses detalhes para concepção do projeto do sistema de iluminação de emergência.

5.1. DEFINIÇÃO

A iluminação de emergência é uma luz provida de fonte de alimentação própria, que deve clarear áreas escuras de passagens horizontais e verticais, incluindo áreas técnicas e de trabalho, na falta de iluminação normal, para orientar pessoas em situação de emergência. Suas características são: instalada permanentemente; automaticamente entrarem em operação e permanecerem constantemente acesas.

Suas funções devem satisfazer os seguintes requisitos: de *balizamento*, ou seja, de orientar direção e sentido das pessoas; de *aclaramento*, ou seja, proporcionar nível de iluminamento que permita o deslocamento seguro das pessoas; *prevenção de pânico*.

5.2. OUTRO ASPECTO IMPORTANTE E QUE DEVE SER LEVADO EM CONTA

É a relação entre o nível de iluminamento e a idade das pessoas. As recomendações geralmente aceitas para esse nível são baseadas no comportamento dos olhos de uma pessoa de idade média. É importante perceber que as pessoas mais jovens necessitam de menor nível de iluminamento para verem. O importante não é só iluminar e sim distribuir corretamente a iluminação dentro dos pontos marcados como área de segurança, sem, contudo sobreiluminar o ambiente. Iluminação de emergência em excesso também faz mal. Muita luz pode provocar grandes variações na pupila ocular e reduzir a *acuidade visual*, necessária para situações de emergência. Quando forem utilizados para iluminar um local de acesso ou saída, é importante que o facho luminoso venha sempre no mesmo sentido do fluxo do pessoal, ou seja, ilumine por trás, evitando assim o *ofuscamento*.

6. Sinalização de segurança e cores de segurança

6.1. DIVERSOS

A sinalização de emergência e as cores de segurança são também um dos aspectos marcantes no sucesso do projeto de abandono de uma edificação. A sinalização de emergência conjugada com as cores de segurança irão orientar a população que transita pelas rotas de fuga, pessoas que podem estar emocionalmente alteradas e precisam de um componente de alívio para não entrar em pânico. Uma sinalização adequada e que transmita as informações necessárias a quem dela necessite é fator primordial.

6.2. AVALIAÇÃO DE SÍMBOLOS DE SEGURANÇA

Comprovadamente a descrição e uso de símbolos em situações de emergência têm fornecido maiores detalhes na transmissão de informações. A utilização de uma padronização leva a uma maior eficiência do sistema e dá mais conforto e segurança às pessoas. A padronização dos símbolos reduz a confusão e trás uma comunicação mais rápida e segura.

6.3. VANTAGENS DO USO DE SÍMBOLOS

Os símbolos contêm as informações para situações de emergências, orientam direções, transmitem instruções para qualquer uso nas edificações. A sua maior vantagem é da comunicação, essencial sem uso da palavra. Comunicam rapidamente uma mensagem com eficiência. São reconhecidos e compreendidos mais rapidamente do que as palavras. São usados para minimizar confusão sobre escolhas alternativas. Em pessoas com início de estresse o tempo de resposta para os símbolos foi mais rápido do que para as palavras. Deve ser seguida a norma NBR 13437 – Símbolos gráficos para sinalização contra incêndio e pânico – simbologia.

6.4. DESVANTAGENS DO USO DE SÍMBOLOS

Dada a grande variedade de símbolos existentes em nosso país, surge a grande confusão na interpretação, devido não ser seguido a padronização de normas. Símbolos que são colocados para responder a pequenos e específicos interesses, dado à sua grande proliferação tornam-se contraditórios.

6.5. MECANISMOS DA VISÃO

A visão representa, possivelmente, a mais importante fonte de contato do ser humano com o ambiente que o rodeia, e a principal forma de percepção das informações. O projetista deverá oferecer os meios adequados para o bom desempenho da tarefa visual e transmitir corretamente as informações para não causar pânico.

6.6. VISIBILIDADE ATRAVÉS DA FUMAÇA

A sinalização de rotas de evacuação é muito importante, sobretudo quando está presente a fumaça. A sinalização tem a finalidade de ser visível em uma emergência. A visibilidade através da fumaça é obtida principalmente pelo brilho dos objetos e a luz do ambiente iluminado. A visibilidade através da fumaça é considerada: pelos efeitos das propriedades tóxicas da fumaça; pelo brilho dos objetos existentes nas rotas de evacuação; pelas condições da iluminação; pela cor da sinalização e pelos efeitos biológicos da fumaça na vista humana.

6.7. DENSIDADE DA FUMAÇA E VISIBILIDADE

Existem dois pontos a serem considerados para a diminuição da visibilidade através da fumaça:

a) intensidade de luz no objeto cujo fundo é escurecido pela absorção da luz por partículas da fumaça no foco da luz.

b) a dispersão da luz de iluminação nos corredores e dependências pelas partículas da fumaça e sua conseqüente influência na visão.

6.8. VELOCIDADE DAS PESSOAS EM FUMAÇA IRRITANTE

Na presença de fumaça a velocidade das pessoas é diminuída dependendo do grau de irritação causado pela fumaça. As pessoas não conseguem caminhar em uma direção, formando um ziguezague durante o percurso.

6.9. ILUSÕES ÓPTICAS

O cérebro pode ser iludido por imitações de alguns efeitos, sobre os quais se baseia nosso julgamento visual do tamanho, forma e distância dos objetos. Os erros visuais desta espécie denominam-se ilusões ópticas.

6.10. SUGESTÕES PARA AS CORES

Em situações ou ambientes turvos pela presença de fumaça, existe uma composição de cores nas quais a transmissão de informações para o cérebro é mais rápida. Branco e verde ou branco e azul para a sinalização de rotas de evacuação. A maioria dos pesquisadores não aconselham o fundo vermelho para sinalização das rotas de evacuação. O verde consegue transmitir energia radiante mais visível. De qualquer forma deve ser atendida a especificação da norma NBR 13434 – Sinalização de segurança contra incêndio e pânico – formas, dimensões e cores – padronização.

7. Tipos de escada de segurança

Em qualquer edificação, os pavimentos sem saída em nível para o espaço livre exterior devem ser dotados de escadas, as quais variam em função do tipo da ocupação da edificação, da área de pavimento e da altura da edificação, praticamente a norma brasileira NBR 9077 especifica três tipos de escadas, a escada não enclausurada (escada comum), a escada enclausurada protegida e a escada enclausurada à prova de fumaça.

As escadas não-enclausuradas (escada comum) devem possuir as seguintes características:

a) possuir material estrutural e de compartimentação incombustível.

b) oferecer resistência ao fogo nos elementos estruturais além da incombustibilidade.

c) quanto aos materiais de acabamento e revestimento devem atender à propagação superficial de chamas com índice A da NBR 9442 e também atender à densidade máxima de emissão de fumaça inferior a 450, conforme parâmetros da norma ASTM E 662.

d) ser dotadas de guardas em seus lados abertos.

e) ser dotadas de corrimãos em ambos os lados.

f) atender a todos os pavimentos, acima e abaixo da descarga, mas terminando obrigatoriamente no piso de descarga, não podendo ter comunicação direta com outro lanço na mesma prumada.

g) deve possuir iluminação de emergência.

h) deve possuir sinalização de balizamento indicando a rota de fuga e descarga.

i) ter os pisos em condições antiderrapantes, com no mínimo 0,5 de coeficiente de atrito dinâmico.

j) possuir degraus dimensionados pela fórmula de Blondel e patamares balanceados.

k) em ambos os lados de vão da porta, deve haver patamares com comprimento mínimo igual à largura da folha da porta.

l) as paredes das caixas de escadas, das guardas, dos acessos e das descargas devem ter acabamento liso.

As caixas de escadas não podem ser utilizadas como depósitos, mesmo por curto espaço de tempo, nem para a localização de quaisquer móveis ou equipamentos.

Nas caixas de escadas, não podem existir aberturas para tubulações de lixo, para passagem para rede elétrica, centros de distribuição elétrica, armários para medidores de gás e assemelhados.

As paredes das caixas de escadas enclausuradas devem garantir e possuir tempo de resistência ao fogo por, no mínimo, 120 min.

Os pontos de fixação das escadas metálicas na caixa de escada devem possuir tempo de resistência ao fogo de 120 min.

As escadas enclausuradas protegidas, além de atender aos requisitos das escadas comuns, também devem ter:

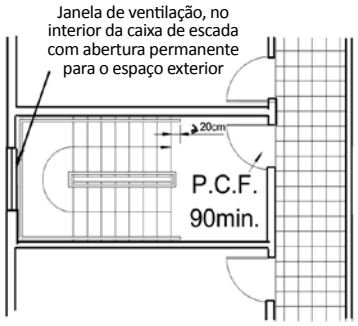
a) suas caixas isoladas por paredes resistentes a 2 horas de fogo, no mínimo.

b) ter as portas de acesso a caixa de escada do tipo corta-fogo (PCF), com resistência de 90 min de fogo.

c) ser dotadas, em todos os pavimentos (exceto no da descarga, em que isto é facultativo), de janelas com área de ventilação efetiva de 0,80 m², abrindo para o espaço livre exterior, situadas junto ao teto ou, no máximo, a 15 cm deste, estando o peitoril, no mínimo, a 1,1 m acima do piso do patamar ou degrau adjacente e tendo largura mínima de 80 cm, podendo ser aceitas na posição centralizada, acima dos lances de degraus, devendo pelo menos uma das faces da janela estar a no máximo 15 cm do teto.

Essas janelas devem ser dotadas de venezianas ou outro material que assegure a ventilação permanente, devendo distar pelo menos 3 m, em projeção horizontal, de qualquer outra abertura, no mesmo nível ou em nível inferior ao seu ou à divisa do lote, podendo essa distância ser reduzida para 2 m para caso de aberturas instaladas em banheiros, vestiários ou áreas de serviço. A distância das venezianas pode ser reduzida para 1,4 m, de outras aberturas, que estiverem no mesmo plano de parede e no mesmo nível; devem ser construídas em perfis metálicos reforçados, sendo vedado o uso de perfis ocos, chapa dobrada, madeira, plástico e outros.

Os caixilhos das janelas de ventilação poderão ser do tipo basculante, junto ao teto, sendo vedados os tipos em eixo vertical e "maximar". Os caixilhos devem ser fixados na posição aberta.

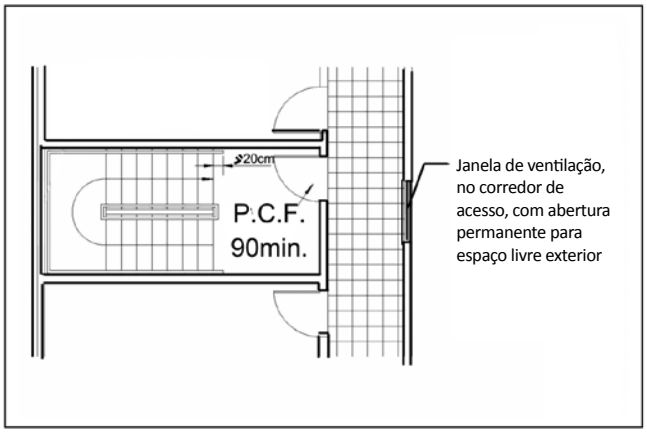


d) ser dotadas de janela que permita a ventilação em seu término superior, com área mínima de 0,80 m², devendo estar localizada na parede junto ao teto ou no máximo a 15 cm deste, no término da escada.

e) devem também possuir ventilação permanente inferior, com área de 1,20 m² no mínimo, devendo ficar junto ao solo da caixa da escada, podendo ser no piso do pavimento térreo ou no patamar intermediário entre o pavimento térreo e o pavimento imediatamente superior, que permita a entrada de ar puro, em condições análogas à tomada de ar dos dutos de ventilação.

Na impossibilidade de colocação de janela na caixa da escada enclausurada protegida, conforme anteriormente descrito os corredores de acesso devem:

a) ser ventiladas por janelas, abrindo para o espaço livre exterior, com área mínima de 0,8 m², largura mínima de 0,80 m, situadas junto ao teto ou, no mínimo, a 15 cm deste.



b) ou ter sua ligação com a caixa da escada por meio de antecâmaras ventiladas, executadas nos moldes das escadas enclausuradas à prova de fumaça.

As escadas enclausuradas à prova de fumaça devem atender aos mesmos requisitos das escadas comuns e também:

a) ter suas caixas enclausuradas por paredes resistentes a 4 h de fogo.

b) ter ingresso por antecâmaras ventiladas, terraços ou balcões.

c) ser providas de portas corta-fogo (PCF) com resistência de 60 min ao fogo.

d) a iluminação natural das caixas de escadas enclausuradas, recomendável, mas não indispensável, quando houver, deve ser obtida por abertura provida de caixilho de perfil metálico reforçado, provido de fecho acionável por chave ou ferramenta especial, devendo ser aberto somente para fins de manutenção ou emergência, este caixilho deve ser guarnecido com vidro aramado, transparente ou não, malha de 12,5 mm, com espessura mínima de 6,5 mm, em paredes dando para o exterior, sua área máxima não pode ultrapassar 0,5 m², em parede dando para antecâmara ou varanda, pode ser de até 1 m².

Havendo mais de uma abertura de iluminação, a distância entre elas não pode ser inferior a 0,5 m e a soma de suas áreas não deve ultrapassar 10% da área da parede em que estiverem situadas.

As antecâmaras, para ingressos nas escadas enclausuradas à prova de fumaça, devem:

a) ter comprimento mínimo de 1,8 m.

b) ter pé-direito mínimo de 2,5 m.

c) ser dotadas de porta corta-fogo (PCF) na entrada e na comunicação da caixa da escada, com resistência de 60 min de fogo cada.

d) ser ventiladas por dutos de entrada e saída de ar.

e) ter a abertura de entrada de ar do duto respectivo situada junto ao piso ou, no máximo, a 15 cm deste, com área mínima de 0,84 m² e, quando retangular, obedecendo à proporção máxima de 1:4 entre suas dimensões.

f) ter a abertura de saída de ar do duto respectivo situada junto ao teto ou no máximo, a 15 cm deste, com área mínima de 0,84 m² e, quando retangular, obedecendo à proporção máxima de 1:4 entre suas dimensões.

g) ter, entre as aberturas de entrada e de saída de ar, a distância vertical mínima de 2 m, medida eixo a eixo.

h) ter a abertura de saída de ar situada, no máximo, a uma distância horizontal de 3 m, medida em planta, da porta de entrada da antecâmara, e a abertura de entrada de ar situada, no máximo, a uma distância horizontal de 3 m, medida em planta, da porta de entrada da escada.

i) ter paredes resistentes ao fogo por no mínimo 120 min.

j) as aberturas dos dutos de entrada e saída de ar das antecâmaras deverão ser guarnecidas por telas de arame, com espessura dos fios superior ou igual a 3 mm e malha com dimensões mínimas de 2,5 cm por 2,5 cm.

Os dutos de ventilação natural devem formar um sistema integrado, ou seja, o duto de entrada de ar e o duto de saída de ar.

Os dutos de saída de ar (gases e fumaça) devem:

a) ter aberturas somente nas paredes que dão para as antecâmaras.

b) ter secção mínima calculada pela seguinte expressão:

$$s = 0{,}105 \times n$$

onde:
s = secção mínima em m²
n = número de antecâmaras ventiladas pelo duto

c) ter, em qualquer caso, área não inferior a 0,84 m² e, quando de secção retangular, obedecer à proporção máxima de 1:4 entre suas dimensões.

d) elevar-se no mínimo 3 m acima do eixo da abertura da antecâmara do último pavimento servido pelo eixo, devendo seu topo situar-se 1 m acima de qualquer elemento construtivo existente sobre a cobertura.

e) ter, quando não forem totalmente abertos no topo, aberturas de saída de ar com área efetiva superior ou igual a 1,5 vezes a área da secção do duto, guarnecidas ou não por venezianas ou equivalente, devendo essas aberturas ser dispostas em, pelo menos, duas faces opostas com área nunca inferior a 1 m² cada uma, e se situarem em nível superior a qualquer elemento construtivo do prédio (reservatórios, casas de máquinas, cumeeiras, muretas e outros).

f) não serem utilizados para a instalação de quaisquer equipamentos ou canalizações.

g) ser fechados na base.

As paredes dos dutos de saídas de ar devem:

a) ser resistentes, no mínimo, a 2 h de fogo.

b) ter isolamento térmico e inércia térmica equivalente, no mínimo, a uma parede de tijolos maciços, rebocada, de 15 cm de espessura, quando atenderem a até 15 antecâmaras, e de 23 cm de espessura, quando atenderem a mais de 15 antecâmaras.

c) ter revestimento interno liso.

Os dutos de entrada de ar devem:

a) ter paredes resistentes ao fogo por 2 h, no mínimo.

b) ter revestimento interno liso.

c) atender às mesmas condições de aberturas somente nas paredes que dão para as antecâmaras, de dimensionamento e área mínima estipulados para os dutos de saída de ar.

d) ser totalmente fechados em sua extremidade superior.

e) ter abertura em sua extremidade inferior ou junto ao teto do 1º pavimento, possuindo acesso direto ao exterior; que assegure a captação de ar fresco respirável, devendo esta abertura ser guarnecidas por telas de arame, com espessura dos fios superior ou igual a 3 mm e malha com dimensões mínimas de 2,5 cm por 2,5 cm; que não diminua a área efetiva de ventilação, isto é, sua secção deve ser aumentada para compensar a redução.

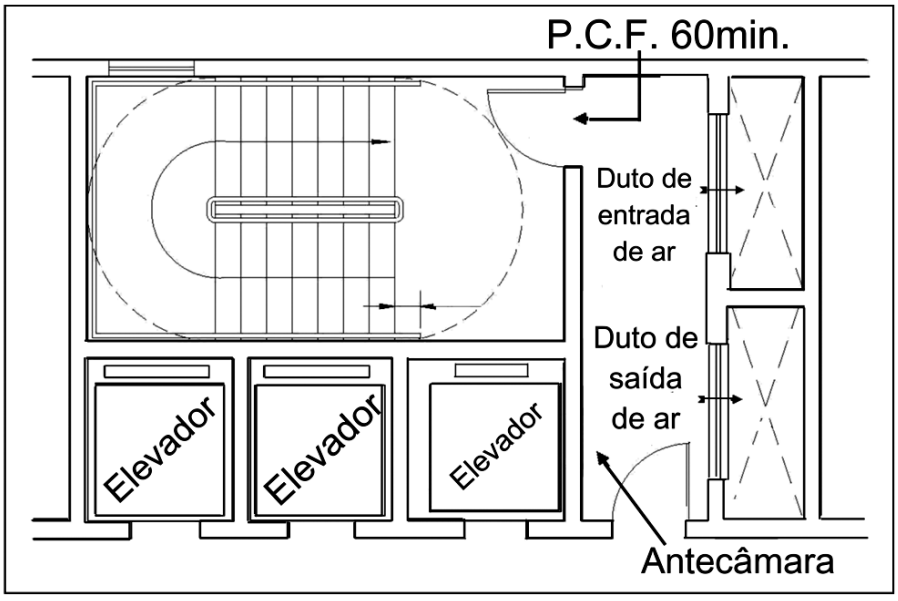
Nota: A abertura exigida na letra e anterior poderá ser projetada junto ao teto do primeiro pavimento que possua acesso direto ao exterior (Por exemplo, o piso térreo).

A secção da parte horizontal inferior do duto de entrada de ar deve:

a) ser, no mínimo, igual à do duto, em edificações com altura igual ou inferior a 30 m.

b) ser igual a 1,5, vez a área da secção do trecho vertical do duto de entrada de ar, no caso de edificações com mais de 30 m de altura.

A tomada de ar do duto de entrada de ar deve ficar, de preferência, ao nível do solo ou abaixo deste, longe de qualquer eventual fonte de fumaça em caso de incêndio.



As escadas enclausuradas à prova de fumaça também podem possuir antecâmaras ventiladas por balcões, varandas e terraços.

Os balcões, varandas, terraços e assemelhados, devem atender aos seguintes requisitos:

a) ser dotados de portas corta-fogo na entrada e na saída com resistência mínima de 60 min.

b) ter guarda de material incombustível e não vazada com altura mínima de 1,30 m.

c) ter piso praticamente em nível e desnível máximo de 30 mm dos compartimentos internos do prédio e da caixa de escada enclausurada.

d) em se tratando de terraço a céu aberto, não situado no último pavimento, o acesso deve ser protegido por marquise com largura mínima de 1,2 m.

A distância horizontal entre o paramento externo das guardas dos balcões, varandas e terraços que sirvam para ingresso às escadas enclausuradas à prova de fumaça e qualquer outra abertura desprotegida do próprio prédio ou das divisas do lote deve ser, no mínimo, igual a um terço da altura da edificação, quando o prédio for dotado de chuveiros automáticos e o somatório das áreas das aberturas da parede fronteira à edificação considerada não ultrapassar um décimo da área total dessa parede e a edificação não possuir ocupação de comércio ou indústria, essa distância pode ser reduzida pela metade, mas nunca a menos de 3 m.

Será aceita uma distância de 1,20 m, para qualquer altura da edificação, entre a abertura desprotegida do próprio prédio até o paramento externo do balcão, varanda ou terraço para o ingresso na escada enclausurada à prova de fumaça, desde que entre elas seja interposta uma parede com TRF mínimo de 2 horas.

Será aceita a ventilação no balcão da escada à prova de fumaça, através de janela com ventilação permanente, desde que:

a) área efetiva mínima de ventilação seja de 1,5 m².

b) as distâncias entre as aletas das aberturas das janelas tenham espaçamentos de no mínimo 0,15 m.

c) as aletas possuem um ângulo de abertura de no mínimo 45 graus em relação ao plano vertical da janela.

d) as antecâmaras atendam a todas as considerações anteriormente especificadas para as mesmas.

e) ter altura de peitoril de 1,3 m.

f) ter distância de no mínimo 3 m de outras aberturas em projeção horizontal, no mesmo nível ou em nível inferior ao seu ou à divisa do lote, e no mesmo plano de parede.

g) os pisos de balcão, varandas e terraços deverão ser antiderrapantes.

8. Pressurização das escadas

8.1. INTRODUÇÃO

O presente capítulo tem a finalidade de sugerir aos projetistas a pressurização de escadas (de emergência ou de segurança). Em exercícios de evacuação realizados, quando a escada está com a densidade populacional elevada, as trocas de ar originadas pela respiração de seus ocupantes, no início permanecem ideais e aos poucos baixam o nível de oxigênio do ambiente, tornando-o abafado e saturado. Com a injeção de ar renovado pelo sistema de pressurização, as pessoas conseguem vencer o percurso (ponto de partida até o ponto de reunião) em condições satisfatórias de segurança e conforto.

Outra finalidade da escada pressurizada é por ocasião de incêndios. A maior parte das perdas humanas é decorrente de intoxicações pelos fumos e gases tóxicos oriundos do incêndio. Esses gases se expandem através de aberturas especialmente das escadas cortando a rota de fuga dos usuários de edifícios em chamas. Para assegurar a segurança e conforto térmico na evacuação de edifícios, em casos de emergência, aparece a sugestão da pressurização de escadas, tornando a pressão existente no corpo da escada superior ao hall de circulação, de modo a evitar a penetração de fumaça na escada mesmo com uma porta aberta.

8.2. OBJETIVO

As escadas à prova de fumaça pressurizadas são indicadas pela atual norma de saídas de emergência NBR10897, para substituírem as escadas enclausuradas protegidas e as escadas enclausuradas à prova de fumaça

(ventilação por duto de entrada de ar de forma natural e duto de saída de fumaça). A pressurização de outras áreas como antecâmaras, hall de circulação e hall de elevadores, não está prevista embora possa ser executada à critério dos projetistas.

8.3. DEFINIÇÕES

8.3.1. ADMISSÃO DO RECALQUE DE AR

É o dispositivo que permite o recalque de ar por meio de ventiladores.

8.3.2. ÁREA DE FUGA

É a fresta existente em um espaço pressurizado onde há escoamento de ar e portanto, ocasionando perda de pressão.

8.3.3. DAMPER DE ALÍVIO DE PRESSÃO

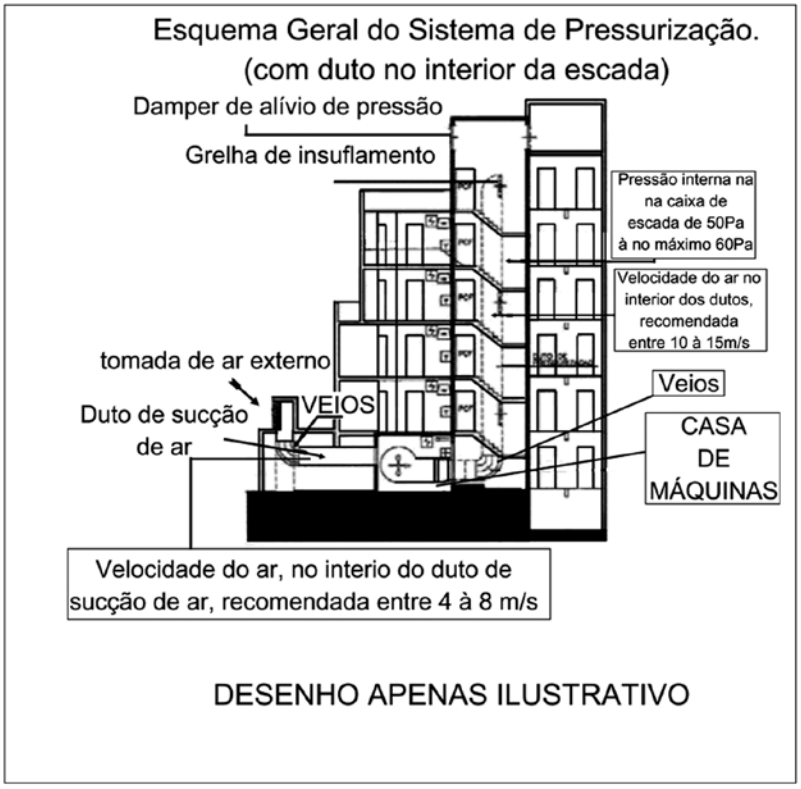
É o dispositivo metálico que, automaticamente abre ou fecha pela pressão excedente do fluxo de ar.

8.3.4. DAMPER CORTA-FOGO

Dispositivo dotado de fusível de disparo, destinado a impedir entrada de gases quentes no duto de pressurização.

8.3.5. DUTO DE PRESSURIZAÇÃO

É a canalização utilizada para a transmissão de ar de um ambiente para outro.



8.3.6. ESPAÇO PRESSURIZADO

É o espaço enclausurado no qual se mantém uma determinada pressão, especificada.

8.3.7. FORNECIMENTO DE AR

É a introdução de ar por meios mecânicos de modo a efetuar a pressurização de um ambiente.

8.3.8. FUGA DE AR

É o escape de ar de um ambiente pressurizado, por meio de aberturas relativamente pequenas.

8.3.9. NÍVEL DE PRESSURIZAÇÃO

É o valor da pressão do ar, em geral fornecido em unidade Pascal.

8.3.10. PRESSÃO DIFERENCIAL

É a diferença de pressão existente entre dois espaços contíguos de uma edificação.

8.3.11. PRESSURIZAÇÃO

É a manutenção de uma pressão em um ambiente fechado, em nível superior à pressão atmosférica.

8.3.12. TEMPO MÁXIMO DE PRESSURIZAÇÃO

É o tempo máximo em que a pressão mínima deverá ser atingida pelo sistema de pressurização para assegurar o eficiente abandono de uma edificação pelas pessoas.

8.3.13. TEMPO DE SAÍDA

É o resultado teórico no qual determina-se o tempo de saída (segundos) de pessoas localizadas no ponto mais desfavorável da edificação até a rua.

8.3.14. GRELHA DE INSUFLAMENTO

É o dispositivo metálico que permite a passagem de ar em um único sentido.

8.4. O SISTEMA

8.4.1. PROJETO BÁSICO

O critério adotado é estabelecer um nível de pressurização de modo a assegurar que a fumaça se mova sempre em direção contrária às rotas de fuga. Para se alcançar esse objetivo é necessário que haja uma sob repressão na escadaria e uma fuga de ar nas áreas contíguas de acomodação.

8.4.2. PRESSÃO DIFERENCIAL

É obtida mantendo um contínuo fornecimento de ar por meios mecânicos para o espaço pressurizado.

8.4.3. ESPAÇO PRESSURIZADO

O espaço pressurizado, no caso a escadaria, deve ser fechado em todos os pavimentos por meio de portas corta fogo. A fuga de ar do espaço pressurizado para outro ambiente se dará por meio das frestas das portas.

8.5. ESTÁGIOS

O sistema de pressurização pode ter um ou dois estágios.

8.5.1. UM ESTÁGIO

É aquele em que a pressurização é aplicada na ocasião da emergência.

8.5.2. DOIS ESTÁGIOS

É aquele em que o sistema funciona permanentemente com pressão reduzida e é elevada, na ocasião da emergência.

8.6. COMPONENTES DE UM SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Tomada externa de ar; ventiladores; sistema de tração; equipamentos elétricos; dutos de distribuição; venezianas de pressão; damper de alívio de pressão; damper corta-fogo; recalque de ar; tempo máximo de pressurização; tempo de saída dos ocupantes; sistema de manutenção; sistema de acionamento; sistema elétrico adicional (reserva).

8.7. NÍVEIS DE PRESSURIZAÇÃO

Os níveis de pressurização especificados em normas para proteção da escada são: sistema de um estágio, pressão mínima de 50 Pa pressão máxima de 60 Pa; sistema de dois estágios pressão mínima para o 1º estágio de 15 Pa, pressão mínima para o 2º estágio de 50 Pa e; pressão máxima de 60 Pa.

8.8. VAZÃO DE AR NECESSÁRIA

A vazão de ar necessária para se obter uma das pressões exigidas é determinada em função do escape de ar do local. Quando o ar escoa através de frestas em torno de uma porta, como resultado da pressão diferencial, a relação entre a vazão do ar, a área das frestas e a pressão diferencial são dadas pela expressão:

$$Q = 0{,}827 \times A \times P^{1/N}$$

onde:
Q = vazão de ar em metros cúbicos por segundo (m^3/s)
A = área de frestas (m^2)
P = pressão diferencial (Pa)
N = índice variável entre 1 e 2.

Para frestas grandes como a de portas corta fogo o valor N é tomado igual a 2 e para frestas menores o valor de N é igual a 1,6, como por exemplo das frestas em torno de janelas.

8.9. ÁREAS DE FUGA EM PORTAS

As áreas de fuga para portas serão proporcionais às suas dimensões e são especificadas da seguinte forma para uma porta corta fogo simples de 0,90 x 2,10 aberta área de escape igual a 1,64 m² e fechada de 0,03 m² quando a porta da acesso ao espaço pressurizado e 0,04 m² quando a porta permite a saída do espaço pressurizado; para uma porta corta fogo dupla de 0,90 x 2,10 cada folha aberta área de escape igual a 3,28 m² e fechada de 0,045 m² quando a porta da acesso ao espaço pressurizado e 0,006 m² quando a porta permite a saída do espaço pressurizado.

8.10. VAZÃO DE AR EM PORTAS

A vazão de ar em portas será calculada segundo a expressão de item 7.8.

O volume de ar necessários nos ventiladores será a somatória das vazões existentes nas portas de todos os pavimentos da edificação, inclusive o pavimento térreo. Deve-se levar em conta também no cálculo final de vazão as perdas de ar existentes nos dutos, conforme item 7.13.

8.11. DISTRIBUIÇÃO DE AR

O ar deve ser distribuído por dutos devidamente balanceados. A colocação de venezianas de pressão (grelhas) na escada deve ser a uma distância máxima de dois pavimentos entre grelhas adjacentes, devendo obrigatoriamente haver uma grelha no piso de descarga e uma no último pavimento.

8.12. CRITÉRIOS DE SEGURANÇA

O local dos ventiladores e coletores de ar devem ser protegidos contra as ações do fogo e fumaça.

A tomada de ar deve ser feita em local adequado que nunca possa entrar fumaça na casa de máquinas dos motos ventiladores e conseqüentemente para o interior da escada de segurança.

A ligação elétrica dos motores dos ventiladores será independente. Haverá outro ponto de ligação elétrica para fontes externas de energia (geradores, etc.). O motor do sistema de pressurização deverá ser ligado automaticamente pelo sistema de alarme de incêndio ou pelo sistema de detecção automática ou por sistema manual (na zeladoria e na casa de máquinas).

8.13. PERDA DE AR EM DUTOS E EM VAZAMENTOS NÃO IDENTIFICADOS

Para efeito de dimensionamento considera-se a seguinte perda de ar nos dutos: duto de alvenaria = 25%; duto com material incombustível e superfície lisa = 15%. Para vazamentos não identificados considera-se a perda de 25%

8.14. TEMPO MÁXIMO DE PRESSURIZAÇÃO

É o tempo máximo (60 segundos) em que a pressão mínima deverá ser atingida pelo sistema de pressurização para se assegurar a eficiente evacuação de pessoas.

8.15. MANUTENÇÃO DO EQUIPAMENTO

Deverá ser confeccionado um plano de manutenção preventivo do equipamento (livro registro).

8.16. ESCADA E DETECTORES DE FUMAÇA

É o projeto de pressurização acoplada com detectores automáticos de fumaça para acionamento do sistema.

8.17. MODELOS DE SISTEMAS DE PRESSURIZAÇÃO

- Pressurização de escada e corredores.
- Pressurização de escada, elevador e porta corta-fogo dupla.

9. Conclusão

A sociedade, comércio e indústria cada vez mais estão vulneráveis ao seu desenvolvimento. As causas são várias: concentração urbana, gigantismo da indústria, comércio, habitação, aumento considerável da energia elétrica utilizada, uso de matérias-primas mais sofisticadas são fatores que aumentam o risco.

Pelo trabalho, procuramos transmitir informações necessárias à execução de um bem elaborado projeto de saídas de emergência com a finalidade da proteção da vida humana.

Existe uma prática esporádica do sistema de abandono de uma edificação, mas a intenção do trabalho é a de se padronizar: o projeto, a execução e a utilização.

Coloca-se à disposição dos projetistas e construtores, as seguintes características:

a) de o trabalho ter informação: procurando expor e esclarecer todo o universo da evacuação.

b) de o trabalho ter aspecto de legislação: sugerindo temas para a padronização do assunto.

Todo o sistema proposto e analisado tem uma confiabilidade, que é a probabilidade de o sistema desempenhar satisfatoriamente as exigências necessárias para o seu uso e destinação.

Pelas informações colocadas, o sistema depende de todas as variáveis de seus componentes em série. O que se observa na prática é que tanto o projeto em si, como a execução apresentam falhas.

Atualmente verifica-se que a sociedade cobra em todas as esferas a responsabilidade dos atos.

Podemos citar como exemplo de que é bastante comum na área da evacuação de se identificar as "condições inseguras" tanto na fase do projeto como da construção.

São escadas que apresentam falhas, tanto nas edificações mais novas como as mais velhas, e que por exercícios e casos reais constata-se a falta de conhecimento do assunto pelos incidentes e acidentes surgidos, provocados pelas falhas do projeto e negligência na execução.

Afinal, a pessoa humana merece também a atenção do profissional que deve ser possuidor de conhecimentos teóricos e práticos para prestar excelentes serviços ao seu semelhante.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

• *NBR - 9077 - Saídas de emergência em edifícios.*

• *NB - 5413 - Iluminância de interiores - Especificação.*

• *NB - 5382 - Verificação de iluminância em interiores.*

• *NB - 5461 - Iluminação - Procedimento.*

• *NBR 10898 - Sistema de iluminação de emergência.*

• *NBR 13434 - Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - formas, dimensões e cores - padronização.*

• *NBR 13435 - Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - procedimento.*

• *NBR 13437 - Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - simbologia.*

• *NBR 9442 - Materiais de Construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante - método de ensaio.*

• ASTM E 662. *Standard test method for specific optical density of smoke generated by solid materials.*

• ANTUNES, G.A.A. *Aspectos práticos da iluminação de emergência.* Revista Mundo Eletrônico, novembro/1980.

• CHARLES HERBERT BEST. *Elementos de Fisiologia Humana*. Editora Renascença S/A, Capítulo XI.

• COOPER, K. *Capacidade Aeróbica.* Forum. Rio de Janeiro: 1972.

• COOPER, K. *Aptidão Física em Qualquer Idade*. Forum. Rio de Janeiro: 1972.

• DECRETO nº 4392 - 14 de novembro de 1978 - Governo do Distrito Federal. *Normas para Construção de Escadas de Emergência.*

• DECRETO nº 897 - de 21 de setembro de 1976 - Estado do Rio de Janeiro. *Código de Segurança contra Incêndio e Pâncio.*

• FAW, T. *Psicologia do Desenvolvimento.* Schaum Mcgraw Hill: 1981.

• FREUD, S. *Dicionário de Termos de Psicanálise.* Editora Globo. Porto Alegre: 1970.

• GOMES DE SÁ, S.A. *Biometria.* Editora Mc Graw Hill: 1975.

• GONÇALVES, J.A.P. *Condição Física.* Rio de Janeiro: 1968.

• GUYTON, A.C. *Tratado de Fisiologia Médica.* Interamericana, 5ª edição.

• CREDER, Hélio. *Instalações Elétricas.* Livros Técnicos e Científicos Editora S/A - 1983.

• HULLEMANN, K.D. *Medicina Esportiva: Clínica e Prática.* E.P.U. / EDUSP: 1978.

• LAMARTINE, F.C. *Introdução a Moderna Ciência do Treinamento Desportivo*. Ministério da Educação Cultura.

• MACINTYRE, A.J. *Instalações Elétricas*. Editora Guanabara Dois.

• MESQUITA, A.L.S. *Engenharia de Ventilação Industrial.* CETESB: 1985.

• MINISTÉRIO DO TRABALHO. *Portaria nº 3214.*

• *MOLLET, R. Treinamento ao Ar Livre.* Forum. Rio de Janeiro: 1968.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO:

• *Orientações Normativas de Equipamentos de Sistema de Segurança Contra Incêndio*. 1984.

• *Atendimento às Normas de Segurança nas Edificações - Manual de Orientação Administrativa.*

• *Decreto nº 32.963, de 15 de janeiro de 1993.*

• *Portaria nº 190/93*.

• *Lei nº 11.228 de 25 de junho de 1992.*

• *Decreto nº 32.329 de 23 de setembro de 1992.*

CANADÁ

• CANTER, David. *Fires and Human Behaviour - An Introduction.* National Research Council: 1980.

• CLARK, F.R.S. *Visibility of Exit Signs Through Smoke.* National Research Council: 1984.

• JONES, B.K.: *Research in Human Behavior.*
Building Evacuation: Research Findings and Recommendations.
Leadership and Group Formation in High Rise Building Evacuations.
National Research Council - Division Of Buildind Research.

ESPANHA

• BECERRA, R.F. *Prescripciones Concernientes e las Condiciones de Evacuación.* Revista ASELF - Association Spagnola de Lucha Contra El Fuego.

• CASCARINO, A. *Contribución e las Evaluaciones Técnico Económicas en Cuanto a la Conceptión y Planificación de la Evacuación de Urgência.* Legislação. Revista ASELF.

FRANÇA

• CLUZEL, D. *Méthode E.R.I.C. Evaluation du Risque Incendie par le Calcul.* Fédérations Nationales du Bâtiment et des Travaux Public.

• FERRIÉ, M. *Le désenfumage des Immeubles Eleves.* Revista Fire International.

• MINISTERE DE L´EDUCATION NATIONALE. *Direction des Equipments et des Constructions - Commentaires Concernant la Securite des Personnes.*

JAPÃO

• JIN, T. *Effects of Scattered Light on the Measurement of Smoke.* Density, Report of Fire Research Institute of Japan: 1971.

• JIN, T. *Visibility Through Fire Smoke.* Part 2: Report of Fire Research Institute of Japan - Part 5, - 1975.

ESTADOS UNIDOS

• BRAVE, RONAL M. *A Study of the Effectiveness of Ilumination for Exit Sign Lighting*. College Park - University of Maryland.

• BRYAN, J.L. *Smoke as a Determinant of Human Behavior in Fire Situations (Project People)* - NBS-GCR-77-94, prepared for U.S. Department of Commerce - National Bureau of Standarts: 1977.

• FEDORENKO, V.S. *Fire Resistence of Buildings*, published for the National Bureau of Standarts, 1978.

• JONELLE, L.T. *The Acquisition and Maintence of Emergency Evacuation Skills with Mildly to Moderately Adults a Community Living Arrangement*. Journal of Community Psychology, 1984.

• KEATING, J.P. *Human Response During Fire Situations: A role for Social Engineering. The research reported in this paper was supported by a grant from the Center for Fire Researc*h. National Bureau of Standards.

• KISKO, T.M. *Network Models of Building Evacuation: Development of Software System,* NBS-GCR-82-417 - National Bureau of Standards: 1982.

• *Life Safety Code.* NFPA 101 - National Fire Protection Association 72 A, 1975.

• MCCAFFREY, B.J. *Purely Buoyant Diffusion Flames.* National Bureau od Standards, 1979.

• NELSON, H.E. *Emerging Engineering Methods Applied to Fire Safety Design*. National Bureau of Standards.

• PAULSEN, R.L. H*uman Behavior and Fires: An Introductioon.* Reprinted from Fire Technology, Vol. 20, 1984.

• ROYTMANN, M.Y. *Principles of Fire Safety Standards for Building Construction* - published for the National Bureau of Standards, Washington D.C. by Amerind Publishing Co., Pvt. Ltd. New Delhi, India: 1975.

• RUSSELL, T.J. *A primary Preventive Approach to the Acquisit and Maintence of Fire Emergency Responding: Comparison of External and Self Instruction Strategies*. Journal of Community Psychology, Vol. 12, 1984.

• SECOND INTERNATIONAL SEMINAR ON HUMAN BEHAVIOR IN FIRE EMERGENCIES: National Bureau of Standards:

• BRYAN, J.L. *Human Behavior Aspects of the St. Josephs Hospital Fire.*

• CANTER, D. *Fires and Human Behavior: Emergency Issues.* Dept. of Psycology, University of Surrei, U.K.

• QUARANTELLI, E.L. *Five Papers from a Pane Session on Panic - Disaster Research Center Ohio State*. University Columbus, Ohio.

• CHANDESSAIS, F. C. *Panic Evacuation - Centre d´Etude des Sinistres et leur Prevention.* Paris, France.

• BRYAN, J. L. *Panic or non Adaptive Behavior in the Fire Incident, An Empirical Concept*. University of Maryland.

• HORIUCHI, J.S. *An Experimental Study on Exit Choice Behaviour of Occupant in a Evacuation Under Building Fire Dept. of Architecure.* Kyoto University, Japan.

• FRANCIS, R.L. *Network Models of Building Evacuation - Operations Research Division Center for Applied Mathematics*. National Bureau of Standards.

• FINUCANE, S.M. *Hospital Fire Safety, Non Attendance and Patient Mobility*. University of Edinburg, Edinburg, Scotland.

• PEZOLT, V.J. *Arousal From Sleep By Emergency Alarms - Disaster Research Center*. Ohio State, University Columbus.

IX ARQUITETURA E URBANISMO

Prof[a]. Dra. Rosaria Ono
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP

Arq. Adriana P. P. Galhano Venezia
GSI/NUTAU/USP

Arq. Marcos Vargas Valentin
GSI/NUTAU/USP

1. Introdução

A segurança contra incêndio ainda é um assunto pouco conhecido no universo de arquitetos e projetistas de edificações em geral, mas sua importância se destaca como um dos catorze requisitos de desempenho das edificações considerados na norma ISO 6241 – Performance standards in buildings – Principles for their preparation and factors to be considered, documento aceito internacionalmente como referência quando se trata do tema "edifícios".

Para projetar satisfatoriamente edificações de pequeno e médio porte e coordenar de forma adequada grandes projetos, o arquiteto deve conhecer os princípios da segurança contra incêndio, bem como todos os requisitos de desempenho a ela relacionados.

O conhecimento de tais princípios pelo arquiteto é necessário para a compreensão das exigências feitas por normas e regulamentações de segurança contra incêndio, que dessa maneira podem ser eficazmente incorporadas ao projeto de arquitetura, garantido-se a coerência plástica, a funcionalidade desejada, a economia e a segurança (ONO, 1997).

As soluções adotadas na etapa de projeto da edificação têm amplas repercussões em todo o processo de construção e na qualidade do produto final. É na etapa de projeto que acontece a concepção e o desenvolvimento do produto, baseados na identificação das necessidades dos clientes em termos de desempenho e custos, assim como nas condições de exposição a que estará submetida a edificação na fase de uso. As soluções de projeto determinarão a qualidade do produto final e, conseqüentemente, condicionarão o nível de desempenho e segurança da edificação e o de satisfação dos usuários finais.

O desenvolvimento tecnológico tem proporcionado profundas modificações nos sistemas construtivos, permitindo a criação de grandes áreas sem compartimentação, emprego de fachadas totalmente envidraçadas e a utilização de novos materiais e elementos construtivos ainda não normatizados. Tais inovações, aliadas ao número crescente de instalações e equipamentos de serviço sofisticados, introduzem diversos riscos nas edificações.

Em geral, nos países tecnologicamente mais avançados, busca-se a adoção de medidas preventivas e de proteção destinadas a garantir a incolumidade humana e a segurança do patrimônio. Essas ações estão presentes tanto nos códigos e regulamentações quanto na organização de serviços especializados de prevenção e combate ao incêndio, garantindo maior eficácia na aplicação das várias medidas previstas.

Com esse enfoque, a segurança contra incêndio passa a ser fruto muito mais de uma ação de prevenção e proteção na elaboração de **Projeto Arquitetônico Preventivo**, do que prioritariamente do efeito de meios de combate utilizados após o início do incêndio.

Um importante fator a ser considerado nesse processo refere-se à formação específica de profissionais da construção civil na área de segurança contra incêndio. No Brasil, o arquiteto, assim como o engenheiro civil, tem pouco ou nenhum acesso às informações relativas à problemática do incêndio durante os cursos de graduação, ficando a sua iniciação nessa área a cargo da vivência profissional, muitas vezes com graves lacunas conceituais, ou em cursos de pós-graduação, buscados após anos de atuação no mercado. Sabe-se que, infelizmente, são poucos

os profissionais de arquitetura e engenharia civil que dominam o assunto, a ponto de tê-lo como uma ferramenta de auxílio na elaboração e detalhamento de um projeto arquitetônico.

Muitas diretrizes em relação ao sistema construtivo, à distribuição e geometria dos espaços, às áreas de circulação, etc. definem o nível de segurança por meio de medidas classificadas como "proteção passiva", medidas essas incorporadas à arquitetura e à construção. As outras medidas são classificadas como de "proteção ativa", essencialmente composta de sistemas prediais que são ativadas somente em situação de emergência, na qual se incluem os sistemas de detecção, alarme e combate ao fogo.

2. Breve histórico

Os incêndios estão presentes na história de várias cidades no mundo e, em algumas delas, chegaram a protagonizar mudanças significativas no desenho urbano e nas características construtivas de suas edificações. Podem ser citados como exemplos os incêndios que ocorreram na cidade de Tóquio, no Japão, ao longo da Era Meiji (total de duzentos e noventa e oito casos com mais de cinqüenta casas atingidas entre 1868 e 1912), em Londres (anos 798, 982, 1212 e 1666) no Reino Unido, e em várias cidades dos Estados Unidos (Nova York (1835), Chicago (1871) e Boston (1872)). Tais incêndios aconteceram em escala urbana, ou seja, atingiram centenas ou milhares de edificações.

Entre os principais motivos que levaram à ocorrência desses incêndios em escala urbana estão:

• As características dos materiais que constituíam as edificações (paredes, coberturas e estruturas) fortemente combustíveis.

• A proximidade entre as edificações, devido a nenhum ou pouco recuo entre elas e a pequena largura das ruas (muito estreitas).

• As atividades de cocção, aquecimento e iluminação que utilizavam o fogo de "chama aberta".

• A precariedade das formas de combate ao fogo, quando existiam.

Desse modo, em muitas dessas cidades, a cada ocorrência surgiam leis e regulamentos que tentavam ordenar o desenho urbano e a construção das edificações e até controlar hábitos e costumes, com o intuito de prevenir o incêndio assim como conter os prejuízos causados.

No Japão, durante a Era Edo (1603-1868), várias medidas urbanísticas foram implementadas na cidade de Tóquio como: o alargamento de ruas, inclusive com a derrubada de edificações existentes, para dificultar a propagação do incêndio de uma quadra para outra; o estabelecimento da construção de edificações com paredes, aberturas e cobertura incombustíveis no perímetro de quadras em algumas zonas; um controle rígido do trânsito de pessoas durante o período noturno para evitar os freqüentes incêndios de origem criminosa, com a instalação de cercas e portões separando setores da cidade. O uso de fogo também foi controlado, sendo proibido no comércio ambulante que envolvia o preparo de refeições, no piso superior das casas e após o anoitecer (ONO, 1999).

Em Londres, foi promulgada uma lei em 1189 que exigia, pela primeira vez, que todas as construções novas na cidade fossem constituídas de parede de pedra e cobertas com telhas de ardósia ou argila. Mas essas medidas não impediram que ocorresse um grande incêndio na cidade em 1212. Em 1667, após o maior incêndio sofrido pela cidade, conhecido como "The Great Fire of London (02/09/1666)", que destruiu 75% da cidade e desabrigou mais de 25% de sua população, uma lei determinava o alargamento das vias públicas na sua reconstrução e que as paredes externas e a cobertura das edificações deveriam ser construídas de material incombustível. Surgem, em razão desse grande incêndio, o seguro-incêndio e a primeira organização para o combate ao fogo na cidade, com a formação dos primeiros corpo de bombeiros profissionais do mundo ocidental, inicialmente particulares, financiados por companhias de seguro (WALLINGTON, 1989).

Nos Estados Unidos, cidades como Nova York (1835), com seiscentos e noventa e quatro edifícios atingidos, Chicago (1871) com dezoito mil edifícios atingidos e cento e vinte mortes e Boston (1872) com setecentos e setenta e seis edifícios atingidos, além de outras, sofreram com incêndios de escala urbana ao longo do século XIX (ONO, 1997). As crescentes perdas econômicas geradas pelos incêndios passaram a preocupar também os norte-americanos e, conseqüentemente, novas medidas de proteção contra incêndio foram propostas, dessa vez, com o intuito de conter o incêndio no edifício de origem. Assim, surgiram as portas e janelas corta-fogo que passaram a ser utilizadas em grande escala em conjunto com as paredes de alvenaria. Os chuveiros automáticos (sprinklers), uma invenção norte-americana, também passam a ser empregados para conter o incêndio e reduzir os danos materiais.

Dentro deste contexto, o crescimento das cidades e a construção de edifícios cada vez maiores e mais complexos tiveram conseqüências nunca vistas anteriormente, já no final do século XIX. Esses novos edifícios não eram providos de rotas de fuga devidamente dimensionadas para a população prevista, o que só passou a ser exigência nos Estados Unidos e na Europa no início do século XX, após grandes catástrofes como o incêndio no Theatre Royal (Exeter, Inglaterra) em 1887 (cento e oitenta e oito vítimas fatais), Iroquois Theatre (Chicago, EUA) em 1903 (seiscentos e dois mortos), a fábrica Triangle Shirtwaist (Nova York, EUA) em 1911 (cento e quarenta e cinco mortes).

Estudos sobre o comportamento de estruturas em incêndio também tiveram seu início no final do século XIX e início do século XX, após a constatação que os novos materiais e sistemas construtivos que estimularam a verticalização das cidades, com o uso do aço e do concreto armado, também eram susceptíveis ao calor das chamas.

Já em meados do século XX, o desenvolvimento e uso em larga escala de novos materiais na construção civil sem o devido conhecimento de seu comportamento ao fogo (quantidade e velocidade de desenvolvimento de calor, de fumaça e de gases nocivos) e a intensificação da verticalização dos edifícios sem medidas de proteção adequadas, levaram a incêndios de graves conseqüências no mundo todo. Alguns exemplos dos EUA: Cocoanut Grove Night Club (1942 - quatrocentos e noventa e três mortos); Wincecoff Hotel (1946 - cento e vinte mortos); Beverly Hills Super Club (1977 - cento e sessenta e cinco mortos); Hotel MGM Las Vegas (1988 - oitenta e cinco mortos).

Segundo um levantamento realizado dos incêndios em edifícios altos ocorridos entre 1967 e 1986 nos EUA e no Canadá, houve setenta e cinco incidentes desta natureza com o total de duzentos e trinta e três vítimas fatais (HONDA & ONO; 1989). Dos casos de incêndio em edifícios altos registrados nos EUA entre 1987 e 1991, obtêm-se uma média de novecentos e trinta casos por ano em escritórios, 1560 em hotéis, nove mil e oitocentos em residências e mil e quatrocentos em hospitais e similares (HALL JR; 1994).

No Brasil, o conhecimento sobre segurança contra incêndio em edificações só se tornou assunto de importância após duas grandes tragédias nacionais: os incêndios nos edifícios Andraus (em 1972 com dezesseis mortos) e Joelma (em 1974 com cento e oitenta e nove mortos), ambos na cidade de São Paulo. Apesar dos constantes avanços e preocupações com a questão da segurança contra incêndio nos países desenvolvidos, que refletem na implementação e no desenvolvimento contínuo de normas técnicas e regulamentações, pouco ou quase nada se fez neste país até então.

Tanto o incêndio no edifício Andraus como no edifício Joelma demonstraram as conseqüências da ausência de segurança contra incêndio nos projetos arquitetônicos: a falta de saídas de emergência; a facilidade de propagação de chamas e fumaça tanto pelo interior como pelo exterior do edifício; a falta de controle sobre a utilização de materiais combustíveis; a dificuldade de salvamento e de combate ao fogo; entre outros.

Atualmente já existem normas e regulamentações brasileiras sobre o assunto e o projetista deve, no mínimo, respeitá-las e empregá-las em seu projeto. No entanto, essas ainda são poucas e muitas necessitam de revisão e atualização. É preciso estar também ciente que garantir o mínimo exigido legalmente nem sempre corresponde à segurança desejada para um projeto específico. Soluções genéricas podem, em alguns casos, ser menos eficazes. Daí a importância da incorporação de medidas de segurança contra incêndio pelo projetista de forma adequada desde a concepção do projeto, equilibrando custos e benefícios.

3. Medidas urbanísticas

Um projeto de segurança contra incêndio deve considerar não só o edifício propriamente dito, mas também o seu entorno imediato e a sua inserção na malha urbana. Os riscos de início de incêndio, juntamente com o de seu crescimento e propagação, estão diretamente relacionados à evolução do fenômeno no interior do edifício e, na pior das hipóteses, pode causar danos ainda maiores ao atingir edifícios adjacentes.

Segundo (ROSSO, 1975, pg.9) a ação contra o fogo pode ser orientada sob três critérios:

- Garantir a incolumidade das pessoas.
- Assegurar a salvaguarda dos bens.
- Permitir a recuperação da edificação.

Tendo em vista que se deve garantir a incolumidade da população fixa e flutuante da edificação, a questão fundamental a ser definida em projeto é relativa ao tempo em que essa condição deve ser mantida. Isso envolve considerações a respeito das características da edificação e de sua localização, do percurso do posto de bombeiros mais próximo até o local e das facilidades de acesso ao próprio local. Tem-se assim um condicionamento ao trânsito e às características da rua em

que a edificação se situa: largura, declividade, tipo e condição da pavimentação, formas de posteamento da rede aérea, e ao abastecimento de água para que ocorra uma operação mais eficiente dos meios de combate e salvamento.

A legislação urbanística também precisa ser considerada, no que diz respeito à transmissão do calor por convecção e radiação e à propagação direta do fogo aos edifícios vizinhos; o que implica necessariamente definição de medidas para limitar esses efeitos.

Para facilitar a aproximação e o acesso das escadas e outros equipamentos de bombeiros pelo exterior da edificação, é necessário um projeto adequado de implantação do edifício em relação aos lotes vizinhos, assim como aos logradouros públicos.

3.1. MALHA URBANA

Nas considerações sobre a malha urbana deve-se incluir a distância do lote urbano ao posto de atendimento do corpo de bombeiros mais próximo e as condições usuais de trânsito, de onde se pode obter uma estimativa do tempo previsto para a chegada do corpo de bombeiros, no caso de um eventual sinistro ou outra emergência.

Para uma rápida atuação dos bombeiros no local, é necessária a provisão de um equipamento urbano de apoio, que é o hidrante urbano ou público, já que a água da reserva de incêndio das edificações tem um volume finito. Esse equipamento é instalado no passeio público pela agência concessionária de água no município e é projetado para fornecer água para as viaturas de combate do corpo de bombeiros, por meio de sua rede de distribuição. Sua existência pode isentar o corpo de bombeiros da árdua tarefa de transportar e de se reabastecer periodicamente de água necessária ao combate do fogo em veículos-tanque, que possuem também um volume limitado. A implantação e manutenção da rede de hidrantes urbanos devem fazer parte de um planejamento para proteção das cidades, com a instalação desses equipamentos de forma adequada para uso pelo corpo de bombeiros. Além de sua instalação é necessário garantir a facilidade de acesso para o seu uso. Para tanto, o hidrante deve estar localizado de tal forma que permita a aproximação do veículo de bombeiro (auto-bomba) para pressurizar a água que será utilizada no combate ao fogo. Isso exige que a uma faixa da via pública próxima ao hidrante esteja livre de obstáculos como carros, árvores, arbustos, bancos, banca de jornal, etc..

No logradouro público, é necessário analisar se existe largura apropriada das vias de acesso à edificação, com espaço para manobras seguras, sem pisos com grande inclinação acentuada ou de baixa resistência mecânica, pois isso impossibilitaria a entrada e operação de certas viaturas do corpo de bombeiros.

Podem existir também limitações de acesso e altura que os equipamentos de combate e salvamento do corpo de bombeiros podem sofrer em função dos espaços de aproximação e manobra.

E por último, é importante checar os obstáculos existentes para utilização dos equipamentos do corpo de bombeiros, tais como rede elétrica, outdoors, vegetação, etc..

3.2. LOTE URBANO

Considerando-se as condições do lote urbano, é importante avaliar e verificar a possibilidade de previsão de:

- Acesso ao lote da edificação por viaturas de emergência.
- Aproximação da viatura do bombeiro à edificação para salvamento das vítimas e combate ao fogo.
- Distância segura da edificação em relação às construções vizinhas, dentro do mesmo lote ou em lotes adjacentes.
- Localização segura das saídas de emergência no nível da descarga e de um abrigo seguro às vítimas do incêndio, sem conflito com a aproximação de equipes externas de emergência.

No lote, deve-se prever o acesso e um local para o estacionamento da viatura de bombeiros próximo à edificação, de maneira que o emprego de equipamentos na busca e salvamento das vítimas e no combate a incêndio sejam plenamente satisfatórios. É desejável que pelo menos uma fachada seja acessível pelo exterior por equipamentos do corpo de bombeiros.

Quando o acesso ao lote ou a um conjunto de lotes for realizado por portões/ portais, eles devem possuir largura e altura suficientes para garantir que viaturas de emergência adentrem à área.

A faixa de estacionamento junto a uma das fachadas do edifício deve ser garantida. Essa área deve estar livre de postes, painéis, árvores e devidamente sinalizada com placas de Proibido Estacionar e com sinalização de solo demarca-

do com faixas amarelas, para que em caso de incêndio essa área não esteja sendo ocupada por outros veículos.

Muitas vezes, dentro de uma metrópole, esses requisitos não podem ser plenamente atendidos, pois dependem do traçado urbano já consolidado. Nesse caso, o projetista deve estar ciente desse fato e buscar reforçar as medidas de proteção contra incêndio no interior do edifício e, em alguns casos onde o risco é elevado, não se ater apenas ao que é exigido pelas regulamentações edilícias vigentes.

Outro fator importante a ser considerado dentro do desenho urbano é a separação entre edificações, observando os recuos adequados para que não haja propagação do incêndio de uma edificação para outra.

O distanciamento seguro entre edifícios pode ser definido como a mínima distância horizontal entre fachadas de edifícios adjacentes capaz de evitar a propagação do incêndio entre eles devido ao calor transferido por radiação térmica, por meio das aberturas nas suas fachadas. Pode-se propor vários tipos de arranjos de fachadas como solução de projeto para inibir essa propagação do fogo.

A propagação também pode ocorrer entre a cobertura em chamas de um edifício e a fachada de outro edifício vizinho mais alto. Nesse caso, deve-se atentar para as características construtivas e de desempenho ao fogo da cobertura do edifício mais baixo. Caso a cobertura seja constituída de material combustível e possa ser atingida por um incêndio com origem no interior do edifício, é necessário prover medidas para dificultar a propagação do fogo para o edifício vizinho.

Uma forma de dificultar essa propagação é por meio da proteção das aberturas da edificação ou não provendo a fachada em questão de aberturas que, inclusive, permitem aos projetistas a redução da distância de segurança entre edificações.

A necessidade de um maior ou menor distanciamento entre edifícios também depende da severidade que o incêndio pode atingir, que, por sua vez, se relaciona diretamente com a carga-incêndio (quantidade de material combustível) contida nos edifícios envolvidos (uma variável conseqüente da natureza das atividades desenvolvidas no seu interior).

No entanto, é necessário lembrar que obter uma distância segura entre edificações de lotes vizinhos será sempre mais difícil do que entre edificações dentro do mesmo lote. No primeiro caso, as distâncias obtidas serão resultantes de exigências de regulamentações locais (lei de zoneamento, por exemplo) que podem não ser suficientes do ponto da vista da segurança contra incêndio.

Outro fator a ser considerado, ainda nesse tópico, é a localização das saídas de emergência no nível do térreo (descarga) e o percurso até um local seguro (ponto de encontro). As saídas de emergência devem ser projetadas para que o escoamento dos ocupantes se faça de maneira segura para fora do edifício, sem conflitar com as atividades das equipes de socorro, que inclui a aproximação das viaturas e a entrada dos bombeiros na edificação. Além disso, deve-se garantir também que os ocupantes não serão expostos aos perigos do incêndio em sua passagem para o exterior até atingirem um local seguro preestabelecido (ponto de encontro). Um ponto de encontro deve ser provido preferencialmente dentro do lote, de acordo com as possibilidades existentes em cada situação, de forma que seja possível conferir se todos abandonaram a edificação. O ponto de encontro deve ficar num local que não atrapalhe o acesso e a operação das equipes de socorro nem exponha as pessoas aos efeitos do incêndio.

4. Medidas arquitetônicas na edificação

"Entende-se que para projetar um espaço de permanência adequada, devem-se levar em conta os condicionantes físicos, as restrições econômicas e as imposições sociais, combinados com as exigências do próprio usuário. Tudo isso irá exigir uma abordagem peculiar para cada caso, ou seja, a escolha de um partido arquitetônico adequado envolvendo os diversos elementos que compõe o projeto que é único" (VENEZIA, 2004).

Um bom projeto arquitetônico sob o aspecto da segurança contra incêndio, com a inserção de medidas adequadas de proteção passiva, pode dificultar o surgimento de um princípio do incêndio e restringir o seu desenvolvimento.

"As medidas passivas de proteção contra incêndio são aquelas incorporadas diretamente ao sistema construtivo. Funcionais em situação de uso normal do edifício, reagem passivamente ao desenvolvimento do incêndio, não estabelecendo situações propícias ao seu crescimento e propagação; não permitindo o colapso estrutural do edifício; facilitando a fuga dos usuários e garantindo a aproximação e ingresso no edifício para o desenvolvimento das ações de combate" (BERTO, 1991).

4.1. CARACTERÍSTICAS DO PAVIMENTO DE DESCARGA E SUBSOLOS

O pavimento térreo é, na grande maioria dos projetos, o andar de descarga (saída final) do edifício e do acesso das equipes de salvamento e combate ao incêndio. Portanto esse pavimento necessita de uma série de cuidados de projeto para garantir a segurança dos usuários numa situação de emergência.

No piso de descarga, as rotas de fuga devem estar sinalizadas para o direcionamento do fluxo para o exterior do edifício, possuir iluminação de emergência, e as portas devem abrir sempre no sentido do fluxo de saída. Se possível, devem existir rotas alternativas para que o fluxo de saída dos ocupantes não conflite com o fluxo de entrada dos bombeiros.

Ao longo das rotas de fuga do pavimento de descarga é necessário considerar a escolha de materiais de revestimento (incombustíveis ou com índices de propagação de chamas, desenvolvimento de fumaça e calor baixos), pois não se deve admitir a ocorrência de incêndio nessas áreas.

Além disso, em edifícios de múltiplos pavimentos com subsolo (pavimentos enterrados), é necessário haver uma descontinuidade das escadas no térreo. Essa descontinuidade tem como objetivo impedir que um incêndio que ocorra num dos pavimentos de subsolo penetre na caixa de escadas e se propague para os pavimentos superiores. Esse artifício também impede que as pessoas que acessam as escadas nos pavimentos superiores ou inferiores ao térreo desçam ou subam equivocadamente, além do necessário numa situação de emergência.

A ocupação de pavimentos de subsolo (enterrados) se constitui num risco à parte, uma vez que tanto o abandono como o combate ao fogo desse local apresenta dificuldades específicas. Os subsolos normalmente possuem restrições de acesso e de ventilação e o incêndio tende a dificultar a saída das pessoas, e a entrada dos bombeiros, devido ao movimento ascendente das chamas, da fumaça e dos gases quentes.

Os pavimentos enterrados devem possuir aberturas permanentes de ventilação para o exterior, para exaustão natural de gases e fumaças do ambiente de curta permanência (como garagens) ou apresentar sistema de controle de movimento de fumaça em espaços comuns e amplos de longa permanência. Esses últimos também devem apresentar compartimentação horizontal e vertical adequada para evitar sua contaminação pelos efeitos de um incêndio no próprio subsolo.

Se possível, os subsolos devem ter saídas alternativas, bem distribuídas, sendo uma delas com saída direta para o exterior, sem passagem pelo pavimento de descarga (em geral o térreo). Em caso do pavimento térreo estar contaminado ou mesmo sobrecarregado com as operações de salvamento e combate, a saída direta para o exterior é uma rota alternativa segura para os ocupantes do subsolo.

Além disso, é recomendável que a central de alarme também seja localizada no pavimento de descarga, a fim de que o seu acesso seja feito de forma fácil, permitindo o seu rápido acionamento e operação.

4.2. CIRCULAÇÃO INTERNA

As áreas de circulação interna que fazem parte de rotas de fuga devem permitir o rápido escoamento dos ocupantes da edificação por meio de um dimensionamento adequado, sendo que os acessos às rotas devem estar permanentemente desobstruídos de móveis ou qualquer objeto de uso do espaço.

A circulação interna, assim como as rotas de fuga, possui dois componentes básicos: a circulação horizontal e a circulação vertical. No caso das rotas de fuga, elas correspondem aos corredores e às escadas de uso comum, respectivamente. Nesses locais deve ser prevista a instalação de iluminação e sinalização de emergência, tendo o sentido das saídas claramente indicado.

Na elaboração do projeto arquitetônico, bem como na disposição do leiaute dos pavimentos, devem ser consideradas as distâncias máximas a serem percorridas até as pessoas atingirem um local seguro. O local seguro deve ser alcançado de qualquer ponto da edificação no menor espaço de tempo possível (sugere-se, no máximo, dois minutos). Dessa forma, esse local poderá ser uma área no exterior da edificação, caso a edificação seja de porte pequeno, mas deverá ser uma área no interior da edificação, caso o edifício tenha porte maior ou múltiplos pavimentos.

Nesse último caso, normalmente o edifício é provido de escadas de emergência (escadas protegidas) e outros dispositivos, como antecâmaras e corredores protegidos ou áreas de refúgio, de acordo com os riscos considerados (grande altura, densidade populacional alta, armazenamento de produtos perigosos, etc.). Quanto maior o risco, maior o nível de proteção necessário. Ao adentrar uma escada de emergência ou uma área de refúgio, isolada do restante da edificação por portas corta-fogo e paredes resistentes ao fogo, a edificação deve garantir o acesso dos ocupantes desse local até o exterior da edificação, passando pelo piso de descarga (em geral o piso térreo).

Na necessidade de instalação de duas ou mais escadas de emergência, deve-se observar a localização delas, preferencialmente em posições opostas em planta, isto é, bem distribuídas, possibilitando rotas de fugas alternativas, para o caso de impossibilidade de uso de uma delas por contaminação ou obstrução, por exemplo.

O dimensionamento de antecâmaras, escadas e áreas de refúgio deve ser compatível com o uso da edificação e o número de ocupantes. As escadas devem possuir patamares e degraus adequadamente dimensionados, assim como pisos antiderrapantes e corrimãos contínuos, garantindo uma circulação segura dos usuários.

4.3. COMPARTIMENTAÇÃO

Tanto a compartimentação horizontal como a vertical tem como objetivo impedir a propagação do fogo entre ambientes e pavimentos adjacentes, sendo aplicada em situações em que é desejável limitar o crescimento do incêndio no interior da edificação. Tradicionalmente, a compartimentação é realizada por componentes e sistemas construtivos fixos das edificações (paredes de alvenaria, lajes de concreto, portas e janelas, etc.). No entanto, também é possível obter a compartimentação de grandes ambientes constituídos de vãos horizontais ou verticais (salões, pavilhões de exposição, átrios, etc.) somente em situação de emergência, por meio de elementos móveis resistentes ao fogo, que se fecham por acionamento manual ou automático.

A compartimentação horizontal consiste em dividir a edificação em várias células no plano horizontal, capazes de suportar o incêndio, impedindo a propagação do fogo para ambientes adjacentes no mesmo pavimento. Para tanto, as paredes de compartimentação devem apresentar resistência ao fogo compatível com a severidade do incêndio esperada e com a estrutura do edifício.

As portas para vedação de aberturas nas paredes de compartimentação devem ser do tipo corta-fogo, devendo ter resistência ao fogo compatível com a parede corta-fogo em que se encontram. Além das portas, quaisquer aberturas nas paredes de compartimentação devem ser protegidas com dispositivo corta-fogo com resistência apropriada e compatível com as características da parede corta-fogo onde será instalado.

As passagens de cabos elétricos e tubulações por meio das paredes de compartimentação devem ser protegidas com selos corta-fogo que apresentem resistência ao fogo no mínimo igual à da parede. O mesmo se aplica aos registros corta-fogo que devem ser instalados nos dutos de ventilação e de exaustão, além de outros meios de comunicação entre setores compartimentados.

A compartimentação vertical consiste em dividir a edificação em pavimentos capazes de suportar o incêndio, impedindo a sua propagação para pavimentos consecutivos. Um elemento importante da compartimentação vertical é a laje dos pisos e de cobertura, que deve ser projetada para suportar ao índice de resistência ao fogo previsto para a estrutura do edifício, impedindo a propagação do fogo e o seu eventual colapso.

Para compartimentação vertical de fachadas deve existir separação entre as aberturas de pavimentos consecutivos, que tem como objetivo impedir que as chamas que saem da abertura de um pavimento atinjam aberturas do pavimento logo acima. Esses elementos de separação podem ser constituídos de parapeitos, vigas ou prolongamentos de lajes com resistência ao fogo compatível com o restante da edificação. As fachadas pré-moldadas devem ter os elementos de fixação protegidos contra a ação do fogo e as frestas entre as vigas e lajes devidamente seladas, para garantir a resistência ao fogo do conjunto.

A compartimentação vertical das aberturas do interior das edificações pode ser garantida por meio de selos, registros e vedadores (portas) corta-fogo.

No interior das edificações, todas as aberturas nas lajes destinadas à passagem de instalações de serviço devem ser vedadas com selos corta-fogo na altura de cada pavimento (laje) ou por shafts envoltos em paredes corta-fogo consolidadas entre lajes consecutivas. O mesmo se aplica aos registros corta-fogo que devem ser instalados nos dutos de ventilação, dutos de exaustão e outros meios de comunicação entre pavimentos. As prumadas enclausuradas, por onde passam esgoto e águas pluviais, não necessitam ser seladas desde que as paredes de enclausuramento sejam corta-fogo e as derivações das instalações que a transpassam sejam devidamente seladas.

A compartimentação de poços de elevadores deve ser constituída de paredes corta-fogo consolidadas às lajes dos pavimentos. As aberturas em cada pavimento (portas de andar de elevadores) devem ter resistência ao fogo compatível com a das paredes para garantir a compartimentação.

Obtem-se a compartimentação vertical em escadas enclausurando-as e protegendo-as por meio de paredes e portas corta-fogo, com resistência definida de acordo com o projeto e a legislação vigente.

4.4. ESPECIFICAÇÃO DE MATERIAIS DE ACABAMENTO E REVESTIMENTO

Na fase de especificação dos materiais de revestimento que irão compor o projeto da edificação, deve-se ter em mente que materiais combustíveis podem produzir e propagar chamas, calor e fumaça rapidamente em caso de princípio de incêndio.

É necessário conhecer alguns critérios para e escolha desses materiais, para que se possa optar por produtos com boas características de reação ao fogo (pequena produção de calor e fumaça e baixa taxa de propagação superficial de chama).

Além das características de reação ao fogo de materiais de acabamento e revestimento, deve-se também conhecer a carga incêndio específica da edificação.

A carga incêndio é a soma das energias térmicas possíveis de serem liberadas na combustão completa de todos os materiais combustíveis contidos em um espaço, inclusive os revestimentos das paredes, divisórias, pisos e tetos. A carga incêndio específica é o valor da carga incêndio dividido pela área de piso do espaço considerado, expresso em MJ/m^2. Por meio do cálculo da carga incêndio é possível estimar a severidade do incêndio na edificação.

Os fabricantes de materiais de construção devem estar aptos a fornecer tanto a carga incêndio dos seus produtos, como os índices de reação ao fogo deles para que se possa especificar materiais que possuam melhor desempenho diante do fogo.

4.5. MEDIDAS DE PROTEÇÃO ATIVA

As medidas de proteção ativa vêm a complementar as medidas de proteção passiva, apresentadas ao longo deste texto, sendo compostas basicamente de equipamentos e instalações prediais que serão acionadas em caso de emergência, de forma manual ou automática, usualmente não exercendo nenhuma função em situação normal de funcionamento da edificação. Dentre os principais sistemas se encontram os de:

- Detecção e alarme manual ou automático de incêndio.
- Extinção manual e/ou automática de incêndio.
- Iluminação e sinalização de emergência.
- Controle de movimento de fumaça.

Para o projeto e a instalação adequados das medidas ativas, é necessária uma boa integração entre o projeto arquitetônico e os projetos de cada sistema, normalmente divididos por especialidade, a saber: elétrica, hidráulica e mecânica. Mesmo existindo o que se denomina “projeto integrador”, é importante o acompanhamento pelo arquiteto-projetista para que exista uma compatibilização entre as medidas passivas e ativas propostas, visando ao melhor desempenho das medidas de segurança contra incêndio como um todo.

5. Edifícios altos

A problemática do incêndio nos edifícios altos tende a ser amplificada devido às dificuldades específicas inerentes a esse tipo de construção. A localização do incêndio, a rápida saída dos ocupantes, o acesso ao edifício pelo exterior e a condução das operações de combate e salvamento são ações que se tornam mais complexas e que exigem cuidado redobrado tanto no projeto quanto no edifício em funcionamento, ou seja: no planejamento prévio, no treinamento de brigadas e nas manutenções e inspeções periódicas do edifício e dos equipamentos e sistemas de proteção instalados.

Para efeito da segurança contra incêndio, edifícios altos são definidos como aqueles em que o pavimento mais elevado (último andar) excede a capacidade de alcance dos equipamentos e veículos para operações de combate ao fogo e salvamento estacionados no piso de descarga (térreo). Por exemplo, no Regulamento de Segurança contra Incêndio do Estado de São Paulo, considera-se como edifício alto aqueles com mais de trinta metros de altura.

5.1. AS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS EDIFÍCIOS ALTOS

Os edifícios mais altos no mundo têm como principal ocupação a atividade comercial de escritórios, podendo ser de uso empresarial corporativo único ou na forma de unidades condominiais. Esse tipo de uso normal-

mente apresenta uma densidade elevada, se comparada a outros usos possíveis, como de residência ou hotel. Quanto mais alto o edifício, maior será a sua população estimada e maior é a preocupação em garantir que todos possam abandonar em segurança em caso de emergência. Além disso, os edifícios de escritórios modernos tendem a ser projetados com grandes espaços abertos (plantas livres / escritórios panorâmicos) que podem propiciar uma rápida propagação do incêndio no seu interior, caso as medidas já citadas anteriormente não sejam satisfatoriamente implementadas. Já os edifícios de hotéis, apesar de apresentar uma densidade mais baixa, abrigam hóspedes que normalmente não têm familiaridade com aquele espaço e podem ter dificuldade de identificar as saídas de emergência, principalmente à noite, quando podem ainda estar sonolentos e demorar para reconhecer uma situação de perigo. O edifício alto residencial, dentre os já citados, é o que tem maior probabilidade de ocorrência de incêndio, porém suas características construtivas e espaciais (emprego de alvenaria e elevada compartimentação), assim como a baixa densidade, acabam por oferecer menor risco de crescimento do fogo.

Os edifícios altos mais modernos utilizam sistemas mecânicos de climatização de seu interior, em muitos casos impedindo a abertura de suas janelas no dia-a-dia, o que pode ocasionar sérios problemas para o escape da fumaça e dos gases quentes em situação de incêndio.

Os produtos da combustão sobem e podem se propagar por meio de aberturas interiores, preenchendo os pavimentos superiores com fumaça e calor, criando o "efeito cogumelo" em razão da falta de ventilação natural. Daí a importância da compartimentação vertical e horizontal.

O eventual acúmulo de calor com ausência de ventilação potencializa a ocorrência do "back draft" (inflamação explosiva), que se dá quando os gases desprendidos dos materiais combustíveis atingem o ponto de ignição, porém não inflamam devido à falta de oxigênio para a sua combustão. Quando uma quantidade suficiente de oxigênio adentra esse local, ocorre o "back draft", resultado da inflamação repentina dos gases quentes, que pode gerar graves conseqüências ao edifício, a seus ocupantes e também à equipe de socorro. Nos edifícios altos, isso pode ocorrer e envolver, simultaneamente, múltiplos pavimentos.

A propagação de calor entre pavimentos pode ocorrer caso as janelas estejam abertas ou não haja proteção adequada por meio de peitoris ou abas (compartimentação vertical das fachadas). Mesmo quando as chamas não atingem aberturas do pavimento superior, podem ocorrer danos devido ao calor gerado nos andares inferiores, por condução. Assim, a correta compartimentação horizontal e vertical nos edifícios altos é imprescindível para conter a propagação de calor, de fumaça e gases tóxicos.

Outro fator a ser considerado nos edifícios altos é o efeito chaminé, fenômeno resultante da existência de aberturas verticais internas como escadas, dutos de serviço, dutos de elevadores e que pode arrastar o calor, fumaça e gases quentes pelos pavimentos por convecção. Nesse caso, é muito importante que os dutos sejam selados adequadamente, e que os elevadores e escadas utilizem portas corta-fogo com resistência adequada à severidade do incêndio para impedir a propagação de seus efeitos e a contaminação das saídas de emergência.

A propagação do calor aos edifícios adjacentes também deve ser evitada por meio do distanciamento seguro entre edifícios em projeto ou pela proteção das aberturas. Na ocorrência de um incêndio, as janelas dos edifícios vizinhos devem ser fechadas para impedir a entrada de calor e o resfriamento das superfícies expostas pode vir a ser necessário para impedir a transmissão de calor por radiação.

5.2. DIFICULDADES DE DETECÇÃO/ALARME E COMBATE AO FOGO

A propagação da fumaça no interior dos edifícios altos pode gerar dificuldade na localização do foco de incêndio, atrasando o seu combate, caso a origem do incêndio não seja detectada no seu início. Portanto é necessário um sistema de detecção e alarme automáticos de incêndio adequado às características espaciais e de uso do edifício, assim como uma brigada de incêndio treinada para agir rapidamente na confirmação do sinistro e no seu controle precoce. Um dos aliados nessa situação é o sistema de chuveiros automáticos, que pode detectar e combater um princípio de incêndio sem intervenção humana.

Porém, caso o incêndio saia do controle, pode ser necessária uma intervenção externa, normalmente realizada pelo corpo de bombeiros, e o abandono do edifício pelos seus ocupantes. Nessa situação, é necessário dar um alarme para acionar os bombeiros e outro para alertar os ocupantes. O fator tempo é crítico para o sucesso das operações de combate e salvamento, e em edifícios altos esse fator pode ser comprometido pela dificuldade de atingir o local do incêndio e realizar o combate pelo exterior, devido a limitações de alcance dos equipamentos

ou obstáculos na aproximação às fachadas. Assim, meios apropriados de acesso pelo interior do edifício devem ser proporcionados em projeto e mantidos durante o uso, assim como meios de combate. O fator tempo também é decisivo para o sucesso de uma operação de abandono seguro do edifício e isso irá depender, primeiramente, de um sistema adequado de comunicação de emergência, assim como de um treinamento periódico da brigada que deve orientar o movimento de abandono.

5.3. DIFICULDADE DE ABANDONO

Em edifícios altos, garantir a segurança dos ocupantes em situações de emergência é um grande desafio de projeto. As medidas de proteção contra incêndio costumam ser mais rigorosas nesse tipo de edificação devido às dificuldades que os seus ocupantes podem enfrentar no abandono, associadas essencialmente ao fator tempo. Essas dificuldades incluem a necessidade de percorrer um trajeto maior até atingir um local seguro fora da edificação e a possibilidade de exposição aos efeitos do incêndio durante este percurso. A situação torna-se mais severa ao se considerar que a população normalmente não apresenta perfil uniforme, podendo existir pessoas com limitações de locomoção, de cognição espacial, capacidade mental ou de resistência física e que, portanto, necessitam de assistência para realizar o abandono seguro do edifício.

O uso de elevadores comuns não é permitido numa situação de emergência, devido aos riscos envolvidos (mal-funcionamento, contaminação com fumaça e gases quentes, superlotação, etc.) e, normalmente, esses elevadores são programados para descerem automaticamente até o piso de descarga e permanecerem nessa posição até ser, eventualmente, operados pelo corpo de bombeiros numa situação de emergência.

A princípio, o projeto ideal de saídas de emergência deveria prever que toda a população do edifício pudesse se abrigar de uma vez no interior das caixas de escada de emergência, realizando um percurso horizontal até alcançar esse local seguro/ protegido ainda que dentro da edificação. A partir daí, as pessoas teriam tempo suficiente para realizar calmamente o movimento de descida das escadas sem estarem expostas aos efeitos do incêndio.

No entanto, em edifícios de alta densidade de ocupação, esse projeto de saídas de emergência exigiria uma área de escadas de emergência considerável, muitas vezes inviabilizando-o. Nesses casos, verifica-se a prática de projeto que inclui uma sistemática de abandono do edifício denominada “abandono faseado” em que não se faz uso simultâneo das escadas por toda a população. O abandono faseado implica realizar a evacuação prioritária do andar do início do incêndio, seguido dos dois andares consecutivos superiores e inferiores ao mesmo e, conforme a necessidade, o abandono dos andares superiores, gradualmente, e dos inferiores. Isso exige uma coordenação do movimento de abandono, realizada por meio de comunicações entre chefes de brigada e brigadistas dos andares, treinados adequadamente. Nesse processo, havendo o controle do incêndio em poucos pavimentos, não seria necessário ordenar o abandono total do edifício. No entanto, o bom desempenho desse sistema depende muito do preparo das pessoas envolvidas e sua implantação pode não ser adequada em alguns tipos de ocupação, em que o treinamento pode ser dificultoso ou a população flutuante (sem familiaridade com o edifício) muito elevada.

Um abandono total e simultâneo de um edifício alto projetado para um abandono faseado pode provocar um grande congestionamento nas escadas de emergência e expor os ocupantes aos efeitos nocivos do incêndio.

Uma medida de proteção adicional em edifícios altos é a provisão, em projeto, de áreas de refúgio no seu interior. Essas áreas, isoladas por portas e paredes corta-fogo (compartimentada) no interior do edifício e ventiladas, têm como função abrigar pessoas, temporariamente e com segurança, durante o processo de abandono. Nesse local, os ocupantes podem aguardar assistência para o abandono ou mesmo descansar após um longo percurso por corredores e escadas. Dessa forma, a disposição de áreas de refúgio na edificação depende da estratégia proposta pelo arquiteto para o abandono do edifício, assim como de exigências de regulamentações locais. Podem existir áreas de refúgio em todos os pavimentos, assim como uma a cada conjunto de pavimentos. Essas áreas necessitam estar providas de pelo menos uma escada de emergência, para que se permita a saída dos ocupantes, assim como a entrada do corpo de bombeiros.

Outra medida de proteção adicional para edifícios altos é a provisão de elevadores de emergência. Esse equipamento deve ser instalado com o objetivo de facilitar o acesso de equipes de emergência aos pavimentos elevados e também pode ser utilizado para remoção de pessoas que necessitam de assistência para o abandono. Para tanto, a instalação do equipamento deve ser prevista em local protegido dos efeitos do incêndio, ou seja, em antecâmaras de escadas de emergência ou áreas de refúgio (áreas compartimentadas). Além disso, para garantir o

funcionamento dos elevadores de emergência, é necessário que esteja ligado a uma fonte alternativa de energia, caso haja um corte na energia elétrica fornecida pela concessionária.

5.4. NOVOS CONCEITOS E DESAFIOS

Os últimos eventos trágicos em edifícios altos (atentado terrorista no complexo do World Trade Center (WTC) de Nova York em 11/09/2001) levaram os arquitetos, bombeiros e os especialistas em segurança contra incêndio a repensarem a questão da segurança dos edifícios elevados (NADEL, 2007).

Alguns princípios largamente difundidos, como o projeto considerando o abandono faseado e a proibição do uso de elevadores, dentre outros, passaram a ser revistos, diante das dificuldades enfrentadas no incêndio das Torres Gêmeas do WTC. O colapso estrutural não só dessas torres, mas de outros edifícios altos que compunham o complexo do WTC devido ao incêndio que se propagou, também levou os especialistas à reanálise dos princípios do projeto estrutural e da proteção contra incêndio de estruturas.

O uso de elevadores para agilizar o abandono de edifícios altos tem sido tema de discussão entre especialistas (THE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, 2004). Novos projetos de edifícios altos em países asiáticos já consideram essa possibilidade, introduzindo soluções com inovação tecnológica, como elevadores em "double-deck" e programação inteligente, associada a um rigoroso treinamento dos ocupantes para o correto uso em situação de emergência.

O National Institute of Standards and Technology (NIST) dos EUA, após vários anos de estudos sobre o colapso das Torres Gêmeas, editou trinta recomendações que afetam as exigências das regulamentações edilícias atuais (NIST, 2007), assim como os métodos de cálculos e de ensaios para avaliação de desempenho de materiais e estruturas que compõem os edifícios altos. Dentre essas recomendações, podem ser destacadas as seguintes:

1. Considerar, como princípio básico, o abandono total e simultâneo de toda a população dos edifícios altos, por meio de escadas e elevadores: a) maximizando o uso dos componentes das rotas de fuga sem impactar negativamente na distância a percorrer; b) garantindo a integridade física e funcionalidade das rotas de fuga para grandes emergências; c) provendo leiautes, sinalizações e orientações que facilitem a saída intuitiva da população.

2. Instalar elevadores devidamente protegidos para o uso pelas equipes de emergência e por portadores de deficiência física.

3. Desenvolver e aprimorar exigências para cálculo estrutural, de forma a evitar a ocorrência do colapso estrutural total de edifícios altos.

4. Avaliar e aprimorar a base técnica para classificação dos materiais de construção e de sua resistência ao fogo especificamente para o uso em edifícios altos.

5. Reforçar as medidas de proteção contra incêndio, com a introdução de redundâncias dos sistemas de proteção ativa, para acomodar os riscos associados à altura do edifício, à alta densidade populacional, ao uso de grandes áreas de piso sem compartimentação e aos limites de atuação do corpo de bombeiros, dentre outros.

6. Exigir a realização de obras de "retrofit" em edifícios altos existentes, incluindo a instalação de sistema chuveiros automáticos (sprinklers) e de escada adicional para abandono.

7. Aprimorar o sistema de comunicações de emergência entre as equipes de emergência e ter condições de transmitir informações atualizadas e confiáveis aos envolvidos.

8. Desenvolvimento e implementação de programas de educação continuada para: a) arquitetos e engenheiros de segurança contra incêndio, sobre os princípios de projeto estrutural; b) arquitetos, engenheiros estruturais e técnicos do governo, sobre os modernos princípios e tecnologias de proteção contra incêndio; c) pessoal de fiscalização e bombeiros, sobre condução de inspeções, revisões e aprovações de projeto e de obra.

9. Desenvolver e manter campanhas educacionais e treinamentos para elevar o nível de preparo dos ocupantes das edificações para casos de emergência.

Algumas dessas recomendações parecem óbvias, porém muitas delas ainda permanecem no nível conceitual e necessitam ser incorporadas às regulamentações e normas, para sua efetiva implementação visando ao aprimoramento da segurança dos edifícios altos.

O grande desafio, segundo Nadel (2007), é vencer a resistência de grupos de classes profissionais e empresariais norte-americanos que, por vários motivos, são a favor da manutenção das regulamentações em vigor. A

mesma autora ainda ressalta a importância da adesão às recomendações pelos projetistas, empresários e legisladores, ao considerar que muitos dos edifícios altos que estão surgindo na Ásia e no Oriente Médio são projetados por profissionais norte-americanos, baseados em exigências dos EUA e da Europa, já que os países emergentes, em geral, não possuem regulamentação específica que garanta a segurança dos edifícios altos.

6. Considerações finais

Quanto mais o arquiteto conhecer os conceitos que fundamentam as exigências da segurança contra incêndio, mais eficazes serão as ferramentas que esse profissional poderá empregar, considerando a segurança contra incêndio como um fator participante das decisões de projeto (VENEZIA, 2004).

Não existe a pretensão de que o arquiteto projetista se torne um especialista na área, mas é importante que tenha noções básicas, conceituais, que permitam projetar sem cometer erros básicos de difícil correção ou que leve a soluções posteriores de alto custo.

A abordagem das questões de segurança contra incêndio pelo arquiteto, das considerações no âmbito urbano, na implantação da edificação no lote, nas questões de leiaute dos pavimentos, assim como dos detalhes construtivos até a especificação de materiais de revestimento e acabamento, é desejável. No entanto, nem sempre é possível levar em conta todos os requisitos de segurança contra incêndio a contento, devido a outras limitações e parâmetros de projeto. Dessa forma, é importante que o arquiteto tenha consciência dessas restrições, para que possa conduzir bem o projeto, cobrindo deficiências de algumas medidas de segurança contra incêndio com outras medidas, de forma integrada e com uma visão global do projeto.

É também importante ressaltar que no mundo globalizado, que tem permitido a atuação de profissionais em países diferentes de sua origem, o conhecimento dos requisitos de segurança contra incêndio na arquitetura e no urbanismo pode se tornar numa ferramenta fundamental para o sucesso no desenvolvimento de projetos arquitetônicos em todo o mundo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• HALL JR., J.R. U.S. *High-rise fires: The big picture.* Fire Journal, Quincy: v.88, n2, p.47-53, 1994.

• HONDA, S.; ONO, R. *High-rise building fires in U.S.A. and Canadá.* In: Annual Meeting of Japan Association for Fire Science and Engineering. Tokyo: Japan Association for Fire Science and Engineering, 1989, p.17-18 (em japonês).

• NADEL, B. A. *High-rise Safety, International Codes, and Tall buildings: Risign to meet the challenge, in Buildings, July, 2007.* Disponível em http://www.buildings.com/Articles/detailBuildings.asp?ArticleID=3779 (acessado em 11/07/2007).

• NIST- NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY. *NIST's Recommendations Following the Federal Building and Fire Investigation of the World Trade Center Disaster, 2007*. Disponível em http://wtc.nist.gov/ (acessado em 11/07/2007).

• ONO, R. *Segurança contra incêndio em edificações – Um sistema de coleta e análise de dados para avaliação de desempenho.* Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo: 1997.

• ONO, R. *The Social and Cultural Influences on the Human Behavior in Fires and in Fire Prevention in Japan – Final Report.* Research Report – Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Kyoto: 1999.

• ROSSO, T. *Incêndio e Arquitetura.* São Paulo: FAUUSP, 1975.

• THE COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND URBAN HABITAT, *Emergency Evacuation: Elevator Systems Guideline.* 2004.

• VENEZIA, A. P.P. G. *Parâmetros para o projeto arquitetônico sob o aspecto da segurança contra incêndio.* Dissertação (Mestrado), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo: 2004.

• WALLINGTON, N. *Images of Fires – 150 years of firefighting.* London: David & Charles, 1989.

X
SEGURANÇA DAS ESTRUTURAS EM SITUAÇÃO DE INCÊNDIO

Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dr. Fabio Domingos Pannoni
Gerdau Açominas

Dra. Edna Moura Pinto
Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (Pós-Doutoranda)

Cap PM Adilson Antônio da Silva
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Introdução

Os objetivos fundamentais da segurança contra incêndio são: minimizar o risco à vida e reduzir a perda patrimonial. Entende-se como risco à vida a exposição severa à fumaça ou ao calor dos usuários da edificação e, em menor nível, o desabamento de elementos construtivos sobre os usuários ou equipe de combate. A principal causa de óbitos, em incêndio, é a exposição à fumaça tóxica ou asfixiante que ocorre nos primeiros momentos do sinistro. Assim, a segurança à vida depende prioritariamente da rápida desocupação do ambiente em chamas. Edifícios de pequeno porte, de fácil desocupação, exigem menos dispositivos de segurança e a verificação da estrutura em situação de incêndio pode ser dispensada. Edifícios de maior porte, em que há dificuldade de se avaliar o tempo para desocupação e que um eventual desabamento pode afetar a vizinhança ou a equipe de combate exigem maior segurança e verificação das estruturas em incêndio. Um sistema de segurança contra incêndio consiste em um conjunto de meios ativos (extintores, hidrantes, detecção de calor ou fumaça, brigada contra incêndio, etc.) e passivos (resistência ao fogo das estruturas, escadas de segurança, compartimentação, etc.). O nível mínimo de segurança contra incêndio, para fins de segurança à vida ou ao patrimônio de terceiros, geralmente é estipulado em códigos ou normas.

É intrínseco ao ser humano exigir segurança em seu local de moradia e de trabalho. Eis porque a segurança contra incêndio é correntemente considerada no projeto hidráulico, elétrico e arquitetônico. Atualmente, sabe-se que essa consideração deve ser estendida também ao projeto de estruturas de edificações de maior porte ou risco, em vista de os materiais estruturais perderem capacidade resistente em situação de incêndio.

Os símbolos empregados neste texto serão definidos na primeira vez em que eles aparecerem.

2. Comportamento dos materiais estruturais em incêndio

Há séculos se sabe que o aço sofre redução de resistência com o aumento de temperatura. O início dos estudos científicos pertinentes nasceu com as novas técnicas de produção advindas da criação da máquina a vapor. A Revolução Industrial começou há cerca de dois séculos nas tecelagens inglesas. Todo o maquinário era instalado tão próximo quanto possível da máquina a vapor. A combinação de grandes edifícios completamente construídos em madeira, fibras têxteis depositadas por toda parte (inclusive em suspensão, no ar) e pisos de madeira encharcados de óleo com buchas e rolamentos superaquecidos e chamas desprotegidas utilizadas para aquecimento da máquina e para a iluminação do ambiente levou a uma série de terríveis incêndios no passado. Em resposta, o engenheiro Char-

les Bage criou, em 1796, o chamado “edifício à prova de incêndios”, utilizando-se o ferro fundido no lugar das vigas e pilares de madeira, utilizando um arco de tijolos não-combustíveis como piso. A Figura 1 mostra, de forma esquemática, a estrutura constituinte da laje.

FIGURA 1 - O arco de tijolos como primeira forma de proteção de vigas metálicas

O desenvolvimento de novas formas construtivas continuou nos anos seguintes. O primeiro edifício estruturado em ferro fundido dos Estados Unidos foi o edifício da “The Home Insurance Company”, em Chicago. Esse edifício, concluído em 1885, já utilizava em suas lajes perfis metálicos imersos em concreto e blocos cerâmicos para sua proteção contra o fogo. A Figura 2 ilustra a composição da laje deste edifício; o aço era protegido pelo uso de blocos cerâmicos e de concreto.

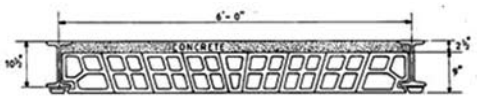


FIGURA 2 - Composição da laje do edifício da “The Home Insurance Company”, em Chicago, inaugurado no ano de 1885

No século XIX, quando edifícios de múltiplos andares de aço começaram a ser construídos, o concreto era utilizado como material de revestimento do aço, sem função estrutural, mas, com grandes espessuras, em vista de o concreto não ser um isolante ideal. Anos após, o concreto foi também aproveitado como elemento estrutural, trabalhando em conjunto com o aço para resistir aos esforços, inicialmente na função de piso. Em histórica publicação, FREITAG (1899) comenta sobre o comportamento do concreto em altas temperaturas. Ensaios demonstraram que havia redução de resistência, mas, não era preocupante, em vista do uso para lajes de pequenos vãos.

Em seguida surgem as estruturas mistas (vigas e pilares) de aço e concreto. Mais tarde, iniciou-se a construção de edifícios de múltiplos andares de concreto armado. MÖRCH (1948) escreve interessante artigo alertando para a necessidade de verificação de estruturas de concreto armado em incêndio, associando-a apenas à armadura no seu interior.

Hoje, se reconhece que a capacidade resistente do concreto (EC2, 2004), do aço (EC3, 2003), das estruturas mistas (EC4, 2003), da madeira (EC5, 2004), da alvenaria estrutural (EC6, 2005) e do alumínio (EC9, 1998) em situação de incêndio é reduzida em vista da degeneração das propriedades mecânicas dos materiais (figuras 3 e 4) ou da redução da área resistente. Apesar de a redução das propriedades mecânicas do concreto e da madeira ser mais acentuada, em função da temperatura, do que a do aço, deve-se lembrar que a temperatura média atingida por um elemento isolado de aço em incêndio é geralmente maior do que a dos outros dois materiais. O aço e o alumínio têm resistência e módulo de elasticidade reduzidos (figura 3) quando submetidos a altas temperaturas. O concreto, além da redução da resistência, perde área resistente devido ao “spalling”. O “spalling” é um lascamento da superfície do elemento de concreto submetido a um incêndio, devido à pressão interna da água ao evaporar-se e ao comportamento diferencial dos materiais componentes do concreto. Em concretos de alta resistência pode ocorrer o “spalling” explosivo, pela maior dificuldade de percolação da água. O “spalling” reduz a área resistente do concreto e expõem a armadura ao fogo (Figura 6). Já os elementos de madeira sofrem carbonização na superfície exposta ao fogo, reduzindo a área resistente (Figura 7) e realimentando o incêndio. A região central recebe proteção proporcionada pela camada carbonizada, atingindo baixas temperaturas. Nas figuras 3 e 4 apresentam-se a redução de resistência e do módulo de elasticidade paralela à grã para espécies de madeira coníferas.

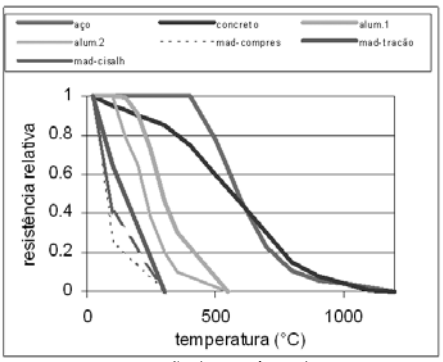


FIGURA 3 - Variação da resistência dos materiais em função da temperatura

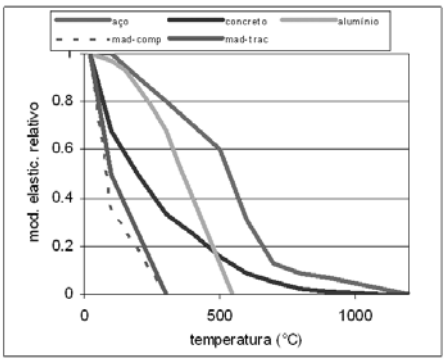


FIGURA 4 - Variação do módulo de elasticidade dos materiais em função da temperatura

FIGURA 5 - elemento isolado de aço

FIGURA 6 - Spalling em pilar de concreto

FIGURA 7 - Carbonização da madeira

Além da resistência ao escoamento, outras propriedades físicas ou mecânicas podem ser afetadas pela temperatura. A seguir serão apresentadas as variações com a temperatura das características físicas e térmicas do concreto, do aço e da madeira conforme EC2, NBR 14432:1999 e EC 5, respectivamente.

2.1. CONCRETO

2.1.1. CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica do concreto silicoso ou calcáreo, de densidade normal, varia entre os valores $\lambda_{c,sup}$ e $\lambda_{c,inf}$ respectivamente conforme eqs 1 e 2.

$\lambda_{c,sup} = 2 - 0{,}2451\ (\theta/100) + 0{,}0107\ (\theta/100)^2$ W/m °C para for $20^oC \leq \theta \leq 1200^oC$ (1)

$\lambda_{c,inf} = 1{,}36 - 0{,}136\ (\theta/100) + 0{,}0057\ (\theta/100)^2$ W/m °C para $20^oC \leq \theta \leq 1200^oC$ (2)

A variação da condutividade térmica do concreto com a temperatura pode ser vista na figura 8.

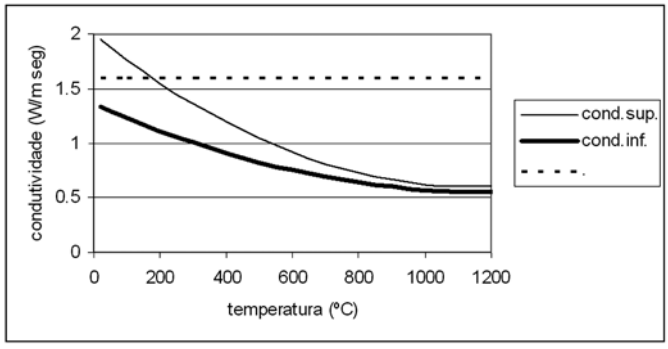


FIGURA 8 - Condutividade térmica do concreto

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor da condutividade térmica pode ser considerado independentemente da temperatura do concreto e igual a $\lambda_a = 1{,}6$ W/m°C

2.1.2. CALOR ESPECÍFICO

A calor específico cp(θ) do concreto seco (u=0%) silicoso ou calcáreo pode ser determinado por meio da eq. 3 em J/kg°C

$c_p = 900$ para $20°C \leq \theta \leq 100°C$

$c_p = 900 + (\theta - 100)$ for $100°C < \theta \leq 200°C$

$c_p = 1.000 + (\theta - 200)/2$ for $200°C < \theta \leq 400°C$

$c_p = 1.100$ for $400°C < \theta \leq 1.200°C$

Quando a umidade não for considerada explicitamente no método de cálculo, a função do calor específico do concreto calcáreo ou silicoso pode ser modelado por um valor constante $c_{p.top}$ situado entre 100°C e 115°C com decréscimo linear entre 115°C e 200°C conforme eq. 4 em J/kg °C

$c_{p.top}$ = 900 para umidade de 0% em peso
$c_{p.top}$ = 1.470 para umidade de 1,5 % em peso
$c_{p.top}$ = 2.020 para umidade de 3,0 % em peso

A variação do calor específico do concreto com a temperatura pode ser vista na Figura 9.

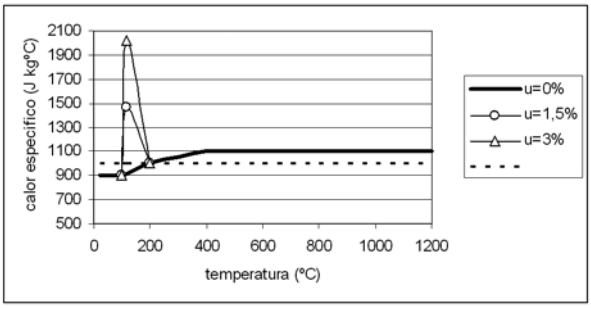


FIGURA 9 - Calor específico do concreto

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor do calor específico pode ser considerado independentemente da temperatura do aço e igual a 1.000 J/kg°C.

2.1.3. DENSIDADE

A variação da densidade com a temperatura é influenciada pela perda de água e pode ser determinada conforme a eq. 5 em kg/m³

ρ = ρ(20°C) for 20°C ≤ θ ≤ 115°C
ρ = ρ(20°C) x (1 - 0,02 (θ - 115)/85) para 115°C < θ ≤ 200°C
ρ = ρ(20°C) x (0,98 - 0,03 (θ - 200)/200) para 200°C < θ ≤ 400°C
ρ = ρ(20°C) x (0,95 - 0,07 (θ - 400)/800) para 400°C < θ ≤ 1.200°C

A variação da densidade do concreto com a temperatura pode ser vista na Figura 10.

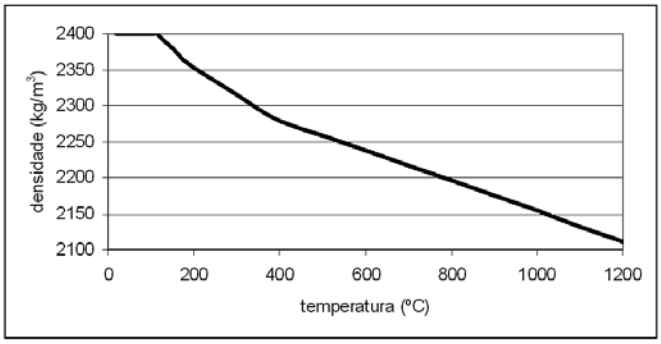


FIGURA 10 - Densidade do concreto

2.1.4. COEFICIENTE DE DILATAÇÃO TÉRMICA

O coeficiente de dilatação térmica do concreto silicoso (α_c) pode ser determinado conforme a eq. 6 em °C^{-1}.
$\alpha_c = -1{,}8/\theta \times 10^{-4} + 9 \times 10^{-6} + 2{,}3 \times 10^{-11}\ \theta^2$ para 20°C ≤ θ ≤ 700°C
$\alpha_c = 14/\theta \times 10^{-3}$ para 700°C < θ ≤ 1.200°C
A variação do coeficiente de dilatação térmica do concreto silicoso com a temperatura pode ser vista na figura 11.

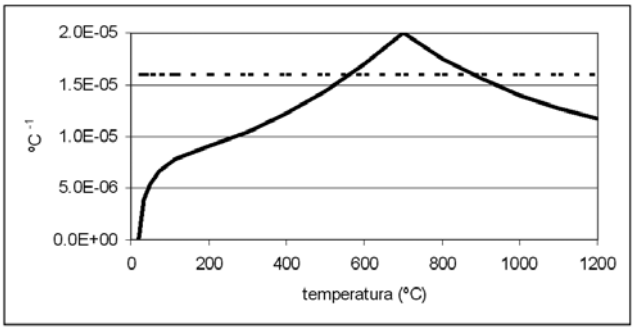


FIGURA 11 - Coeficiente de dilatação térmica do concreto silicoso

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor da condutividade térmica pode ser considerado independentemente da temperatura do aço e igual a $\alpha = 1{,}6\ °C^{-1}$.

2.2. AÇO

As propriedades abaixo indicadas são válidas tanto para aço empregado em perfis como para armaduras de concreto armado.

2.2.1. CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica dos aços estruturais pode ser avaliada por meio da eq. 7 em W/m°C.

$\lambda_a = 54 - 3{,}33\ 10^{-2}\ \theta$ para $20°C \leq \theta < 800°C$

$\lambda_a = 27{,}3$ para $800°C \leq \theta < 1.200°C$

A variação da condutividade térmica dos aços com a temperatura pode ser vista na Figura 12.

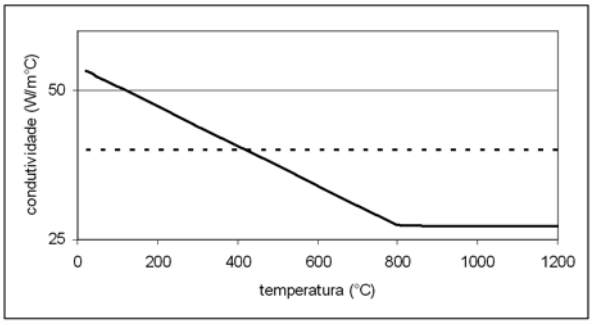


FIGURA 12 - Condutividade térmica dos aços

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor da condutividade térmica pode ser considerado independentemente da temperatura do aço e igual a $\lambda_a = 40$ W/m°C

2.2.2. CALOR ESPECÍFICO

O calor específico dos aços estruturais pode ser determinado por meio da eq. 8, em J/kg°C.

$c_a = 425 + 7{,}73\ 10^{-1}\ \theta_a - 1{,}69\ 10^{-3}\ \theta_a^2 + 2{,}22\ 10^{-6}\ \theta_a^3$ para $20°C \leq \theta_a < 600°C$

$$c_a = 666 + \frac{13002}{738 - \theta_a} \text{ para } 600°C \leq \theta_a < 735°C$$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \text{ para } 735°C \leq \theta_a < 900°C$$

$c_a = 650$ para $900°C \leq \theta_a \leq 1.200°C$

A variação do calor específico dos aços com a temperatura pode ser vista na Figura 13.

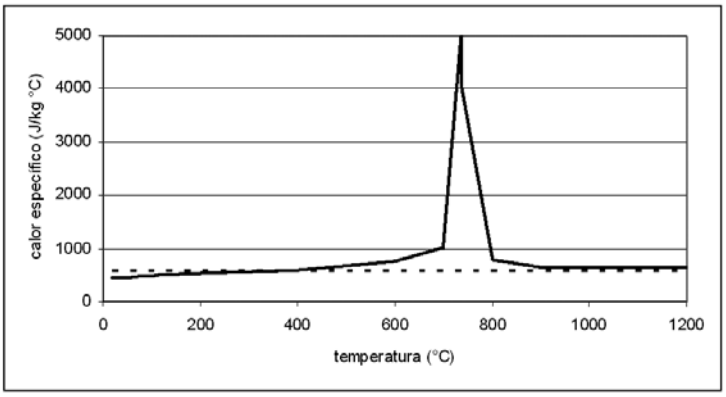


FIGURA 13 - Calor específico dos aços estruturais

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor do calor específico pode ser considerado independentemente da temperatura do aço e igual a 600 J/kg°C.

2.2.3. DILATAÇÃO TÉRMICA

O alongamento dos aços estruturais pode ser determinado pela eq. 9, em $°C^{-1}$.

$\frac{\Delta \ell}{\ell} = 1{,}2 \times 10^{-5}\, \theta_a + 0{,}4 \times 10^{-8}\, \theta_a^2 - 2{,}416 \times 10\text{-}4$ para $20°C \leq \theta_a < 750°C$

$\frac{\Delta \ell}{\ell} = 1{,}1 \times 10^{-2}$ para $750°C \leq \theta_a < 860°C$

$\frac{\Delta \ell}{\ell} = 2 \times 10^{-5}\, \theta_a - 6{,}2 \times 10^{-3}$ para $860°C < \theta_a \leq 1.200°C$

Onde:

ℓ = comprimento a 20°C

$\Delta \ell$ = expansão térmica provocada pela temperatura

θ_a = temperatura do aço, em grau Celsius.

A partir dessas expressões, pode-se ilustrar a variação do coeficiente de dilatação témica α (lembrando que $\Delta \ell = \ell \alpha \Delta\theta$) dos aços com a temperatura por meio da figura 14.

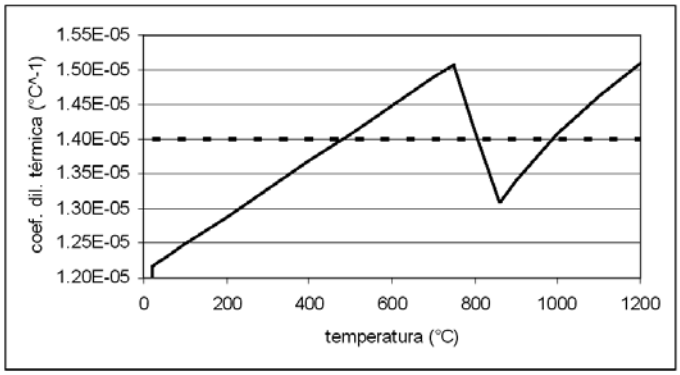


FIGURA 14 - Coeficiente de dilatação térmica dos aços

Caso se empreguem métodos simplificados de cálculo, o valor da condutividade térmica pode ser considerado independentemente da temperatura do aço e igual a $\alpha = 1{,}4\ 10^{-5}\ °C^{-1}$.

2.3. MADEIRA

As propriedades térmicas aqui apresentadas fazem referência à madeira de espécie conífera ou “softwood”. São validadas somente para a exposição ao incêndio-padrão.

2.3.1. CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica da madeira pode ser determinada a partir da Tabela 1.

Tabela 1 - Condutividade térmica da madeira e camada carbonizada

TEMPERATURA °C	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/M°C)
20	0,12
200	0,15
350	0,07
500	0,09
800	0,35
1.200	1,50

O carvão é um resíduo da combustão incompleta da madeira que se comporta como isolante térmico. A condutividade térmica do carvão isoladamente em temperatura ambiente representa cerca de 1/6 da condutividade térmica da madeira em igual condição, a qual já poderia ser considerada baixa.

A variação da condutividade térmica com a temperatura pode ser vista na Figura 15.

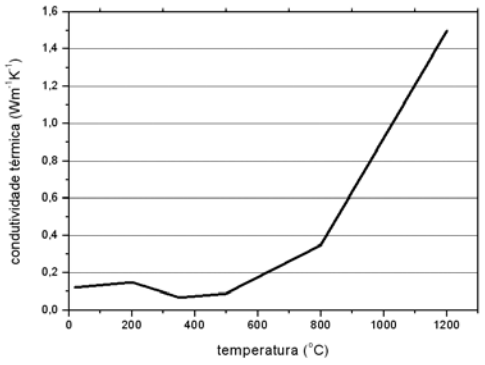


FIGURA 15 - Condutividade térmica da madeira e camada carbonizada

2.3.2. CALOR ESPECÍFICO

O calor específico da madeira pode ser determinado a partir daTabela 2.

Tabela 2 - Calor específico da madeira

TEMPERATURA (°C)	CALOR ESPECÍFICO (J/KG °C)
20	1.530
99	1.770
100	13.600
119	13.500
120	2.120
200	2.000
250	1,62

TEMPERATURA (°C)	CALOR ESPECÍFICO (J/KG °C)
300	710
350	850
400	1.000
600	1.400
800	1.650
1.200	1.650

A variação do calor específico da madeira a temperatura pode ser vista na Figura 16.

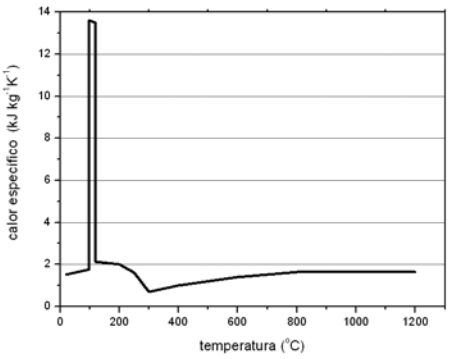


FIGURA 16 - Calor específico da madeira e camada carbonizada

2.3.3. DENSIDADE

A densidade da madeira pode ser determinada a partir da Tabela 3.

Tabela 3 - Densidade da madeira

TEMPERATURA (°C)	RAZÃO DE DENSIDADE
20	1 + U
99	1 + U
99	1 + U
120	1,0
120	1,0
200	1,0
250	0,93
300	0,76
350	0,52
400	0,38
600	0,28
800	0,26
1.200	0

Onde U é o teor de umidade.

A variação da densidade da madeira a temperatura pode ser vista na Figura 17.

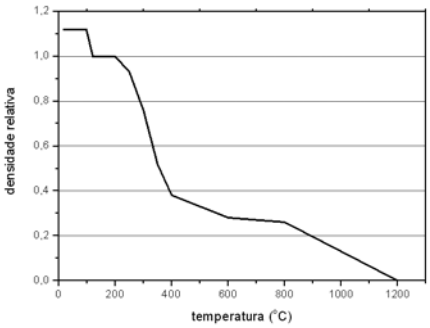


FIGURA 17 - Densidade para U inicial de 12%

2.3.4. DILATAÇÃO TÉRMICA

O coeficiente de dilatação térmica à temperatura ambiente pode ser visto na Tabela 4.

Quanto maior a temperatura maior será a oscilação atômica e o conseqüente distanciamento dos átomos entre si. No que se refere ao dimensionamento estrutural, o coeficiente de dilatação térmica da madeira é desprezível, em parte devido aos seus valores - ver tabela abaixo e em parte devido ao efeito compensatório de retração da madeira pela perda de umidade durante a elevação de temperatura (MELO, 2002).

Tabela 4 - Coeficiente de dilatação térmica da madeira à temperatura ambiente

DIREÇÃO	α ($^{o}C^{-1}$)
Radial	15 a 30 x 10^{-6}
Tangencial	25 a 50 x 10^{-6}
Longitudinal	3 a 5 x 10^{-6}

3. Ação térmica

3.1. CURVAS TEMPERATURA-TEMPO

O aumento da temperatura dos elementos estruturais, em incêndio, deve-se ao fluxo de calor, por convecção e por radiação, provocado pela diferença de temperatura entre os gases quentes do ambiente em chamas e os componentes da estrutura.

O fluxo de calor por convecção é gerado pela diferença de densidade entre os gases do ambiente em chamas. Os gases quentes são menos densos e tendem a ocupar a atmosfera superior, enquanto os gases frios, de densidade maior, tendem a se movimentar para a atmosfera inferior do ambiente. Esse movimento gera o contato entre os gases quentes e as estruturas, ocorrendo a transferência de calor (Figura 18).

A radiação é o processo pelo qual o calor flui, na forma de propagação de ondas, de um corpo à alta temperatura para a superfície de outro à temperatura mais baixa (Figura 19). A superfície aquecida do elemento estrutural gera um fluxo de calor na direção do interior do elemento, aquecendo-o. A essa última forma de transferência de calor denomina-se condução. O fluxo de calor radiante e convectivo atua também sobre os elementos de vedação (lajes, paredes, portas, etc.), que devem ter resistência ao fogo suficiente para impedir a propagação do incêndio, por condução, para fora do compartimento em chamas (Figura 20). A compartimentação da edificação é uma medida de proteção passiva fundamental para evitar a propagação, minimizando assim as conseqüências do incêndio. A área máxima de compartimento é, geralmente, estabelecida em códigos ou normas. Resistência ao fogo é a propriedade de um elemento de construção de resistir à ação do fogo por determinado período de tempo, mantendo sua segurança estrutural (estabilidade e integridade), estanqueidade a gases e chamas e isolamento térmico (Figura 21).

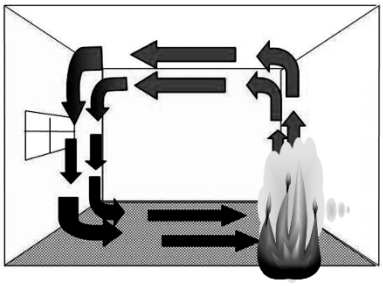


FIGURA 18 - Convecção decorrente de um incêndio

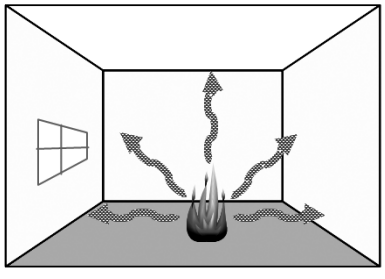


FIGURA 19 - Fluxo de calor radiante

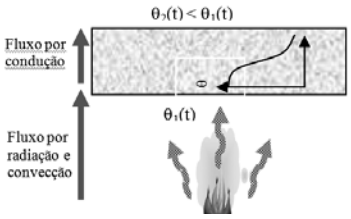


FIGURA 20 - Fluxo de calor através de um elemento de compartimentação

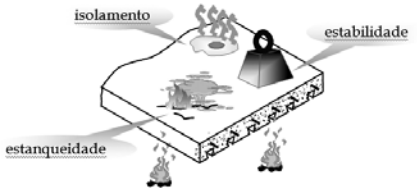


FIGURA 21 - Propriedades de resistência ao fogo de elementos de compartimentação (lajes, paredes, portas corta-fogo etc.)

No que concerne ao estudo da segurança das estruturas, o incêndio pode ser caracterizado por uma curva que fornece a temperatura dos gases em função ao tempo de incêndio (Figura 22). Essa curva apresenta uma região inicial com baixas temperaturas, em que o incêndio é considerado de pequenas proporções. Nessa fase, a combustão pode gerar gases tóxicos ou asfixiantes, mas o risco de dano à estrutura é baixo. O instante correspondente ao aumento brusco da inclinação da curva temperatura-tempo é conhecido como "flashover" (incêndio generalizado) e ocorre quando toda a carga combustível presente no ambiente entra em ignição. A partir desse instante, o incêndio torna-se de grandes proporções tomando todo o compartimento. A temperatura dos gases se eleva rapidamente até todo material combustível extinguir-se. Em seguida, há redução gradativa da temperatura dos gases.

Caso a edificação tenha medidas de combate a incêndio (brigada de incêndio, chuveiros automáticos, etc.) eficientes para extinguir o fogo antes do "flashover", a segurança da estrutura será pouco afetada em situação de incêndio (Figura 23). Visto a dificuldade de ajuizar-se essa situação com precisão, é comum verificar-se as estruturas dos edifícios de maior risco para a situação pós-flashover.

FIGURA 22 - Curva temperatura-tempo de um incêndio real

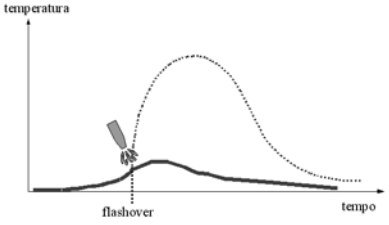


FIGURA 23 - Curva temperatura-tempo de um incêndio afetada pela presença de chuveiros automáticos

A curva real é de difícil determinação. Ela é, comumente, substituída por curvas temperatura-tempo naturais (figura 24), em que o cenário do incêndio é modelado de forma simplificada. Um modelo simplificado para a construção dessas curvas é apresentado no EC 1 (2002). Essas curvas têm por base trabalhos de pesquisadores suecos PETTERSSON et all (1976) e WICKSTROM (1985) e são parametrizados por meio da carga de incêndio, grau de ventilação (eq. 10) e inércia térmica ($\sqrt{\rho c \lambda}$) dos elementos de compartimentação. Nesse caso admite-se que a temperatura é uniforme no compartimento. Essa hipótese tem por base o regime turbulento de um incêndio (figura 25). Modelos mais precisos podem ser obtidos empregando-se programas de computador (item 1.2) de modelagem de incêndio, nos quais pode-se considerar duas ou mais zonas de temperaturas (zone model), mais adequado ao pré-flashover ou uma distribuição mais realística de temperaturas no compartimento (field model/CFD-computational fluid dynamics).

$$v = \frac{A_v \sqrt{h}}{A_t}$$

onde:

v = grau de ventilação do compartimento em chamas ($m^{1/2}$)

A_v = somatória das áreas das aberturas para o ambiente externo do compartimento em chamas (m^2)

A_t = Área total do compartimento, incluindo: piso, teto, vedações e aberturas (m^2)

h = altura média das aberturas (m)

O valor da carga de incêndio, por ser variável, é determinada a partir de valores característicos ($q_{fi,k}$), tabelados ou medidos, afetados por coeficientes de ponderação (γ), resultando os denominados valores de cálculo das cargas de incêndio específica ($q_{fi,d}$). Os valores característicos da carga de incêndio (MJ/m^2) são função do tipo de ocupação da edificação e podem ser calculados para cada caso ou estabelecidos em normas (EC 1, 2002), (SIA, 1999). Os coeficientes de ponderação γ são determinados pelo produto de fatores majorativos ($\gamma \geq 1$) em função das dimensões da edificação e minorativos ($\gamma \leq 1$) em função das medidas de proteção ativa no ambiente.

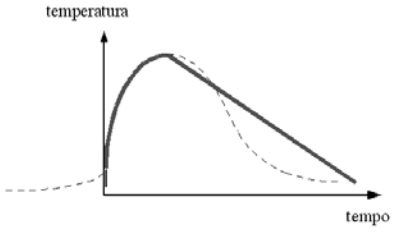


FIGURA 24 - Modelo do incêndio natural (curvas parametrizadas)

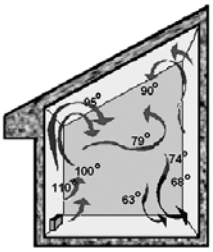


FIGURA 25 - Turbulência dos gases em um incêndio

Tendo em vista que a curva temperatura-tempo do incêndio se altera, para cada situação estudada, convencionou-se adotar uma curva padronizada (figura 24) como modelo para a análise experimental de estruturas, materiais de revestimento contra-fogo, portas corta-fogo, etc., em fornos de institutos de pesquisa. Na falta de estudos mais realísticos, essa curva padronizada para ensaios geralmente é adotada como curva temperatura-tempo dos gases. Esse modelo é conhecido como modelo do incêndio-padrão. A curva padronizada mais difundida internacionalmente é a recomendada pela ISO 834 (1994), conforme eq. 11, mas também podem ser citadas a ASTM E 119 (2000), a norma sueca SBN 67, a BS 476 (1987), entre outras. Todas são similares (Figura 26).

$$\theta_g = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20°C$$

onde:
t = tempo (min)

A curva-padrão é de fácil uso, porém quaisquer conclusões com base nessa curva devem ser analisadas com cuidado, pois o incêndio-padrão não corresponde ao incêndio real. Para seu emprego há necessidade de se utilizar artifícios, tal qual o TRRF (Tempo Requerido de Resistência ao Fogo), exposto no item 3.2.

A curva-padrão é empregada para incêndio em ambientes com material combustível formado, predominantemente, de materiais celulósicos. O EC1 (2002) padroniza a eq. 12 para incêndio em ambientes com material combustível formado por hidrocarbonetos (Figura 27).

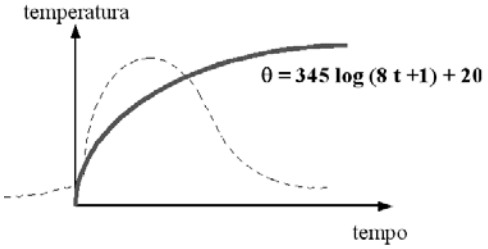


FIGURA 26 - Modelo do incêndio-padrão ISO 834

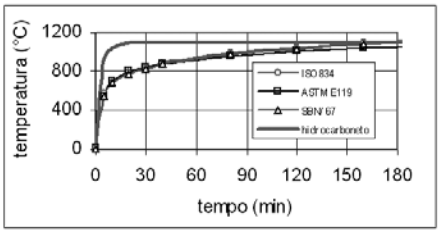
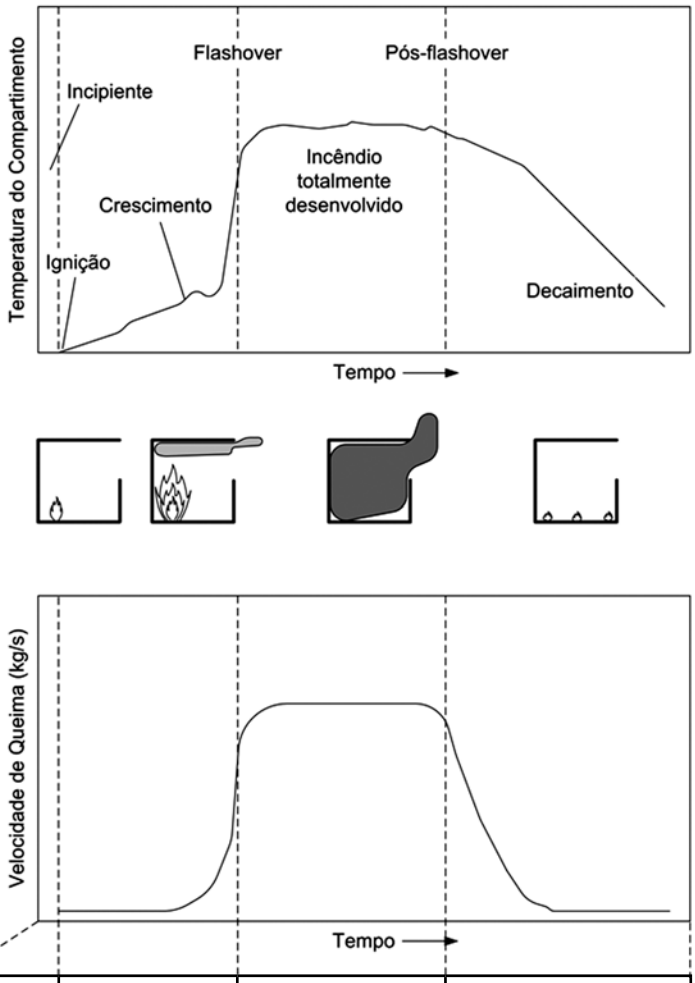


FIGURA 27 - Curvas padronizadas

A figura 28 ilustra as diferentes fases de um incêndio, considerando a influência temporal das variáveis envolvidas.



ESTÁGIO	INCIPIENTE	CRESCIMENTO	QUEIMA	DECAIMENTO
Comportamento do incêndio	Aqueci-mento do combustível	Queima controlada pelo combustível	Controlada por ventilação	Controlada pelo combustível
Comportamento humano	Prevenção do incêndio	Extinção manual, detectores de calor	Morte	Morte
Detecção	Detectores de fumaça	Detectores de fumaça, detectores de calor	Detectores externos de fumaça e chama	Detectores externos de fumaça e chama
Controle ativo	---	Extinção por chuveiros ou pelos bombeiros. Controle de fumaças	Controle pelos bombeiros	Controle pelos bombeiros
Controle passivo	Controle de materiais	Propagação superficial de chama	Resistência ao fogo, compartimentação, prevenção do colapso	Reistência ao fogo, compartimentação, prevenção do colapso

FIGURA 28 - Descrição geral de um incêndio compartimentado, considerando a influência temporal das variáveis envolvidas

3.2. TEMPO REQUERIDO DE RESISTÊNCIA AO FOGO (TRRF)

De uma forma simplista, o Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF) pode ser entendido como o tempo mínimo (descrito em minutos e fruto do consenso de uma dada sociedade) que os elementos construtivos devem resistir (com respeito à integridade, estanqueidade e isolamento, onde aplicável) a uma ação térmica padronizada, em um ensaio laboratorial. A variável "tempo" é utilizada, em códigos e regulamentos, como uma medida para a definição do desempenho em incêndio. Um resumo das recomendações da NBR 14432:2000 é apresentado na Tabela 5.

Na área de engenharia de estruturas em situação de incêndio sabe-se que o que determina a ruína de um elemento estrutural é o campo de temperaturas a que ele está submetido e não o tempo em que esse campo foi atingido. Assim, propõe-se, a seguir, uma maneira mais precisa de se conceituar o TRRF.

Como se viu na Figura 22, o incêndio real ou natural atinge uma temperatura máxima. Se a temperatura for uniformemente distribuída no elemento estrutural, é possível a partir de expressões da transferência de calor determinar a curva temperatura-tempo no elemento (Figura 29). O dimensionamento da estrutura para essa temperatura assegura uma resistência a fogo adequada durante a vida útil da estrutura. Considerando-se, no entanto, que na prática emprega-se a curva-padrão, surge uma dificuldade operacional. Nesse caso, a curva temperatura-tempo do elemento estrutural não apresenta ponto de máximo (Figura 30). Correntemente, esse problema é solucionado admitindo-se o valor de um "tempo", em função do risco de incêndio (tipo de ocupação e altura) avaliado para as edificações. Esse "tempo" e conhecido por "tempo requerido de resistência ao fogo" (TRRF) das estruturas e é estabelecido em normas ou códigos. A partir desse tempo, é possível determinar-se a temperatura na estrutura e, assim, dimensioná-la. O TRRF é um tempo fictício que, associado à curva-padrão, também fictícia, se supõem conduz à máxima temperatura no elemento de aço no incêndio real (Figura 31). Geralmente, esse tempo é preestabelecido por consenso em cada sociedade, sem cálculos.

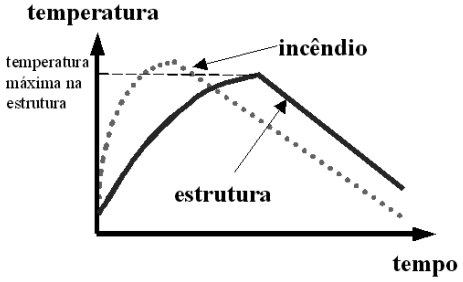


FIGURA 29 - Curva temperatura-tempo do incêndio e do elemento estrutural segundo a curva natural

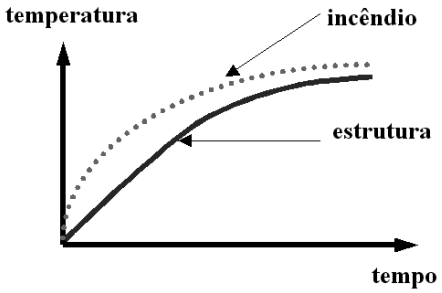


FIGURA 30 - Curva temperatura-tempo do incêndio e da estrutura segundo a curva-padrão

Tabela 5 - tempo requerido de resistência ao fogo (NBR 14432:2000)

OCUPAÇÃO/ USO	ALTURA DA EDIFICAÇÃO				
	h≤6m	6m≤h≤12m	12m≤h≤23m	23m≤h≤30m	h>30m
Residência	30	30	60	90	120
Hotel	30	60	60	90	120
Supermercado	60	60	60	90	120
Escritório	30	60	60	90	120
Shopping	60	60	60	90	120
Escola	30	30	60	90	120
Hospital	30	60	60	90	120
Igreja	60	60	60	90	120

Edifícios que possuem baixo risco à vida podem dispensar a verificação de segurança estrutural em incêndio. Um resumo da NBR 14432:2000 é apresentado na Tabela 6.

Um método mais científico de se determinar esse tempo é aquele que tem por base o método do tempo equivalente, conforme eq. 13 (EC1, 2002), (DIN, 1998).

$t_e = q_{fi,k}\, y_n\, y_s\, W\, K\, M$

onde:
t_e = tempo equivalente (min)
q_{fi} = valor característico da carga de incêndio específica (MJ/m²)
y_n = coeficiente adimensional que leva em conta a presença de medidas de proteção ativa da edificação
y_s = coeficiente de segurança que depende do risco de incêndio e das conseqüências do colapso da edificação
W = fator associado à ventilação e à altura do compartimento
K –= fator associado às características do material de vedação do compartimento [min m²/MJ]
M = fator que depende do material da estrutura: M=1, para aço com revestimento contra fogo ou concreto e M = 13,7 v, para aço sem revestimento

$$v = \frac{A_v \sqrt{h}}{A_t}$$

onde:
A_v = área total de aberturas verticais (m²)
h = altura média das janelas, em metro (m)
A_t = área total do compartimento (paredes, teto e piso, incluindo aberturas) (m²)

O método do tempo equivalente, portanto, permite reduzir a ação térmica diante da inclusão de dispositivos de proteção ativa, incentivando, pois, o uso desses dispositivos que, reconhecidamente, são mais eficientes.

O procedimento detalhado para o uso do método do tempo equivalente pode ser encontrado na Instrução Técnica 08/2004, do Corpo de Bombeiros de São Paulo.

Os conceitos de TRRF e tempo equivalente podem ser facilmente associados à curva natural, para o caso de distribuição uniforme de temperaturas no elemento estrutural (Figura 31), ou seja, aço ou alumínio isolado. Em vista da difusão e facilidade do emprego desses métodos, eles são estendidos a estruturas com temperaturas não-uniformes, como é o caso das estruturas de concreto ou de aço em contato com elementos robustos.

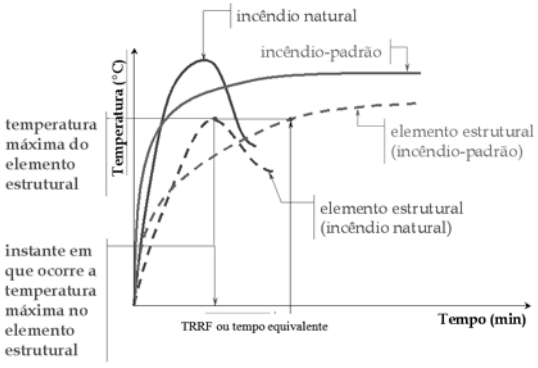


FIGURA 31 - Conceito do tempo equivalente

Tabela 6 - Exemplos de edificações isentas de verificação de resistência ao fogo, conforme NBR 14432:2000

ÁREA	USO	CARGA DE INCÊNDIO ESPECÍFICA	ALTURA	MEIOS DE PROTEÇÃO
≤ 750m²	Qualquer	Qualquer	Qualquer	---
≤ 1.500m²	Qualquer	≤ 1.000MJ/m²	≤ 2 pavimentos	---
Qualquer	Centros esportivos Terminais de pass.	Qualquer	≤ 23m	---
Qualquer	Garagens abertas	Qualquer	≤ 30m	---
Qualquer	Depósitos	Baixa	≤ 30m	---
Qualquer	Qualquer	≤ 500MJ/m²	Térrea	---
Qualquer	Industrial	≤ 1.200MJ/m²	Térrea	---
Qualquer	Depósitos	≤ 2.000MJ/m²	Térrea	---
Qualquer	Qualquer	Qualquer	Térrea	Chuveiros automáticos
≤ 5.000m²	Qualquer	Qualquer	Térrea	Fachadas de aproximação

Para informações complementares dessa tabela deve ser consultada a NBR 14432:2000

4. Segurança estrutural

À temperatura ambiente, a segurança estrutural é considerada verificada quando os esforços atuantes forem menores ou iguais aos correspondentes esforços resistentes. De forma simplificada, as condições de segurança podem ser expressas conforme a inequação 14.

$$S_d \leq R_d$$

onde:
S_d = valor de cálculo do esforço atuante (momento fletor, força normal, cortante etc.)
R^d = valor de cálculo do correspondente esforço resistente

Em situação de incêndio, a inequação 14 toma a forma da inequação 15.

$$S_{d,fi} \leq R_{d,fi}$$

onde:
$S_{d,fi}$ = valor de cálculo do esforço atuante, reduzido em relação àquele normalmente utilizado à temperatura ambiente, pois é determinado a partir da combinação última excepcional das ações (NBR 8681:2003)
$R_{d,fi}$ = valor de cálculo dos esforços resistentes, reduzido em função do aumento de temperatura

Se a distribuição de temperatura no elemento estrutural for uniforme a inequação 2 pode ser substituída pela inequação 16.

$$\theta_m \leq \theta_{cr}$$

onde:
θ_m = temperatura atuante no elemento estrutural
θ_{cr} = temperatura crítica, ou seja, a temperatura que causa o colapso do elemento estrutural

Raramente encontra-se na prática uma distribuição uniforme de temperaturas no elemento estrutural. Uma situação em que essa simplificação pode ser aplicada é o caso de elementos metálicos (aço ou alumínio) isolados. Em função da pequena espessura das partes componentes dos perfis metálicos e da condutividade térmica, rapidamente as temperaturas se distribuem "quase" uniformemente. Em elementos metálicos em contato com elementos robustos (paredes ou lajes), estruturas de concreto ou madeira, a distribuição de temperaturas não são uniformes e são consideradas sob forma de isotermas na seção transversal.

4.1. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS SOLICITANTES

Os esforços solicitantes "S" são calculados a partir das ações "F" (gravidade, eólica) atuantes sobre a estrutura. As ações, geralmente, podem ser confundidas com as próprias forças que agem sobre a estrutura. Essas ações ou forças podem ser classificadas em permanentes (peso próprio), variáveis (forças decorrentes do vento, sobrecarga) e variáveis excepcionais (incêndio, choques, etc.).

A ação térmica tem duração extremamente curta e baixa probabilidade de ocorrer durante a vida útil de uma construção, podendo ser tratada como ação excepcional. Para o cálculo dos esforços atuantes em situação de incêndio, Sd,fi, portanto, pode-se considerar uma combinação excepcional das ações. Em outras palavras, na situação excepcional de incêndio as forças atuantes são reduzidas em relação aos valores normalmente utilizados em temperatura ambiente.

A NBR 8681:2003 recomenda, para combinação última excepcional das ações, a eq. 17.

$$F_{Sd,fi} = \sum_{i=1}^{m} \gamma_{g,fi,i} \cdot F_{Gi,k} \text{ “+” } \gamma_{q,fi} \cdot F_{Q,fi} \text{ “+” } \gamma_{q,fi} \cdot \sum_{j=1}^{n} \Psi_2 \cdot F_{Qj,k}$$

onde:

$F_{Sd,fi}$ = valor de cálculo da ação na combinação excepcional.

$F_{Gi,k}$ = valor característico da ação permanente i.

$F_{Q,fi}$ = valor representativo da ação térmica (ação excepcional).

$F_{Qj,k}$ = valor característico da ação variável j.

$\gamma_{g,fi}$ = coeficiente de ponderação das ações permanentes em incêndio fornecido pela NBR 8681:2003.

$\gamma_{q,fi}$ = coeficiente de ponderação das ações variáveis em incêndio fornecido pela NBR 8681:2003.

Ψ_2 = fator de combinação utilizado para determinação dos valores reduzidos das ações variáveis fornecido pela NBR 8681:2003.

Conforme normas brasileiras e internacionais, os esforços adicionais devido à deformação térmica ($F_{Q,fi}$) podem ser desconsiderados caso se empregue o método do incêndio-padrão. Conforme NBR 8681:2003, o efeito da ação do vento pode ser desprezado na presença da ação excepcional.

No caso de edifícios, admitindo-se $\gamma_g = 1,2$, $\gamma_q = 1,4$, $\gamma_{g,fi} = 1,2$ e $\gamma_{q,fi} = 1,0$, a eq. 17 pode ser simplificada para a eq. 18, que pode ser calculada graficamente conforme figura 32, sendo η_{fi} conforme eq. 19.

$$F_d = 1,2 \cdot F_{Gk} + 1,4 \cdot \Psi_2 \cdot F_{Qk}$$

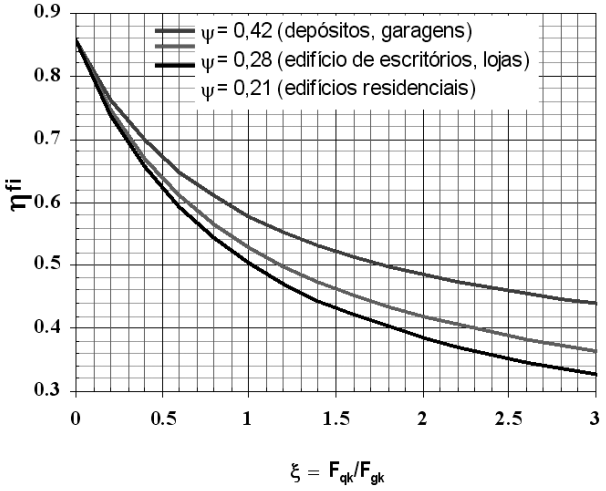


FIGURA 32 - Redutor de esforço solicitante em situação de incêndio

$$\eta_{fi} = \frac{F_{Sd,fi}}{F_{Sd}} = \frac{\gamma_g + \Psi . \xi}{\gamma_g + \gamma_q . \xi} = \frac{1,2 + \Psi . \xi}{1,4.(1+\xi)}$$

Portanto, conhecendo-se a relação ξ entre carregamento variável e permanente é possível determinar o valor da ação em incêndio a partir do valor à temperatura ambiente: $F_{Sd,fi} = \eta_{fi} F_{Sd}$. Geralmente, pode-se considerar a mesma relação aplicada ao esforço solicitante: $S_{d,fi} = \eta_{fi} S_d$.

4.2. DETERMINAÇÃO DOS ESFORÇOS RESISTENTES

O valor característico dos esforços resistentes de um elemento estrutural “R_k“ é determinado a partir da geometria do elemento, condições de vínculo e resistência do material. O valor de cálculo R_d é o valor característico dividido por um coeficiente de ponderação γ. Da mesma forma, em situação de incêndio vale a eq. 20.

$$R_{d,fi} = \frac{R_{k,fi}}{\gamma_{fi}}$$

Na determinação dos esforços resistentes em incêndio é necessário conhecer-se a temperatura atingida, pois o decréscimo da capacidade resistente é função da temperatura.

5. Métodos para dimensionamento

A segurança das estruturas em situação de incêndio é obtida por meio de proteção antitérmica. Essa proteção pode ser obtida por intermédio de:

• autoproteção: o elemento estrutural isolado, sem revestimento contra fogo, é dimensionado para resistir às altas temperaturas de um incêndio. Geralmente, essa é a maneira mais adequada aos elementos de concreto e madeira.

• barreiras antitérmicas: o elemento é protegido com materiais de revestimento contra fogo. As espessuras desses materiais são calculadas por meio analítico ou experimental. Geralmente, essa maneira é a mais adequada para elementos metálicos e, por vezes, para a madeira.

• integração a outros elementos construtivos, constituindo as estruturas mistas ou estruturas integradas.

Para o dimensionamento preciso de uma estrutura (com ou sem revestimento contra fogo), é necessário conhecer o campo de temperaturas a que ela está submetida, a fim de se determinar os esforços resistentes. A segurança em incêndio estará verificada se os esforços resistentes forem maiores ou iguais aos esforços solicitantes correspondentes. Dessa forma, o dimensionamento é composto de duas fases. A *análise térmica* e o *dimensionamento propriamente dito*. Alternativas simplificadas, analíticas ou tabulares, são geralmente apresentadas em normas. São métodos fáceis de serem aplicados, mas, nem sempre os mais econômicos.

5.1. CONCRETO

A segurança das estruturas de concreto é obtida por meio de dimensionamento (autoproteção) adequado, conforme a NBR 15200:2004, que teve por base o Eurocode 2. A norma brasileira estabelece os critérios de projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio e a forma de demonstrar o seu atendimento por meio de um dos métodos abaixo descritos.

5.1.1. MÉTODO TABULAR

Nesse método, admite-se que a inequação 15 é verificada, bastando atender às dimensões mínimas apresentadas em tabelas em função do tipo de elemento estrutural e do TRRF. Essas dimensões mínimas são normalmente: a espessura das lajes, a largura das vigas, as dimensões das seções transversais de pilares e tirantes e a distância entre o eixo (CG) da armadura longitudinal e a face do concreto exposta ao fogo.

Ressalte-se que a temperatura na armadura não é função apenas do cobrimento, mas do par largura mínima e distância do CG. A temperatura no interior da seção de concreto varia conforme suas dimensões (figuras 33 e 34) e a temperatura da armadura é a igual à do concreto que a envolve. Uma armadura com a mesma distância do CG, mas em elemento

FIGURA 33 - Exemplo de distribuição de temperaturas numa seção de concreto

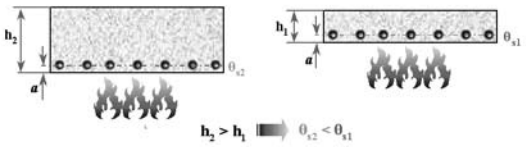


FIGURA 34 - Influência da dimensão do elemento de concreto e da posição da armadura na temperatura do aço

Nas tabelas indicadas na NBR 15200:2004 não são considerados eventuais efeitos de "spalling" (lascamentos) e deformação térmica.

5.1.2. MÉTODO SIMPLIFICADO DE CÁLCULO

O método simplificado de cálculo é baseado nas seguintes hipóteses:

a) as solicitações de cálculo em situação de incêndio ($S_{d,fi}$) podem ser calculadas admitindo-as iguais a 70% das solicitações de cálculo em situação normal, qualquer que seja a combinação de ações considerada, ou seja, pode-se fazer: $S_{d,fi} = 0,70\ S_d$. Essa equação despreza qualquer solicitação gerada pelas deformações impostas em situação de incêndio.

b) o esforço resistente de cálculo em situação de incêndio de cada elemento pode ser calculado com base na distribuição de temperatura obtida por meio de análise térmica de sua seção transversal, considerando exposição ao fogo conforme o TRRF. As resistências de aço e concreto devem ser reduzidas por meio de redutores fornecidos na NBR 15200:2004. Os coeficientes de ponderação a aplicar nesse caso são os correspondentes às combinações excepcionais, isto é, 1,2 para o concreto e 1,0 para o aço.

Esse método não garante a função corta-fogo. Caso a função corta-fogo seja necessária em algum elemento, suas dimensões devem respeitar o mínimo estabelecido no método tabular.

5.1.3. MÉTODOS GERAIS DE CÁLCULO

Os métodos gerais de cálculo devem considerar pelo menos:

a) combinação excepcional de ações composta rigorosamente com base na NBR 8681:2003.

b) os esforços solicitantes de cálculo acrescidos dos efeitos do aquecimento, desde que calculados por modelos não-lineares capazes de considerar as profundas redistribuições de esforços que ocorrerem.

c) os esforços resistentes devem ser calculados considerando as distribuições de temperatura conforme o TRRF.

5.1.4. MÉTODO EXPERIMENTAL

Em casos especiais, pode-se considerar a resistência ao fogo superior à calculada com base na norma, desde que justificada por ensaios, conforme NBR 5628:2001.

O dimensionamento por meio de resultados de ensaios pode ser feito, quer sejam os ensaios realizados em laboratório nacional ou laboratório estrangeiro, de acordo com norma brasileira específica ou de acordo com norma ou especificação estrangeira, respeitando os critérios de similitude aplicáveis ao caso.

5.2. AÇO

A segurança das estruturas de aço em situação de incêndio pode ser obtida por meio de autoproteção, barreiras antitérmicas ou integração. Para cada um desses meios, a verificação pode ser realizada, da mesma forma que para o concreto, por meio de métodos tabulares (geralmente com base experimental), métodos simplificados ou gerais de cálculo e análise experimental.

5.2.1. AUTOPROTEÇÃO

5.2.1.1. ELEMENTOS ISOLADOS

O elemento isolado pode prescindir de revestimento contra fogo, se for dimensionado de forma a respeitar o TRRF da edificação. A NBR 14323:1999 indica métodos analíticos simplificados para o dimensionamento de elementos isolados de aço, ou seja, sujeito à temperatura uniformemente distribuída no volume. Para elementos isolados, esses métodos são bastante precisos (SILVA, 2004). Salvo raros casos (contraventamentos e pilares sob forte ação de vento, por exemplo), essa é a maneira menos econômica para solucionar o problema. Revestir com material contra fogo (5.2.2) é, geralmente, mais econômico.

5.2.1.2. ELEMENTOS EM CONTATO COM ALVENARIA OU CONCRETO

A norma brasileira indica também algumas situações de temperatura não-uniforme (elementos de aço em contato com elementos mais robustos, tais como, alvenaria e lajes) em que pode ser empregado o mesmo formulário citado em 5.2.1.1 adaptado a essa situação (SILVA, 2006). Nesse caso, os métodos citados em 5.2.3 conduzem a resultados mais econômicos, apesar da maior complexidade.

5.2.2. BARREIRAS ANTITÉRMICAS

Da mesma forma que o item anterior, a NBR 14323:1999 indica métodos analíticos simplificados para o dimensionamento de elementos isolados de aço ou adaptações para algumas situações de temperatura não-uniforme. A espessura do revestimento pode ser calculada por meio desses mesmos métodos (SILVA, 2005), desde que se conheçam suas características termofísicas (densidade, calor específico e condutividade térmica). Os métodos não se aplicam a revestimentos intumescentes.

O mais comum, no entanto, é o uso direto de resultados de ensaios por meio das chamadas cartas de cobertura, que associam TRRF, espessura do revestimento e fator de massividade (Figura 35). Os valores indicados na carta de cobertura são função dos limites do ensaio, assumidos pelo laboratório em que o ensaio é feito. No Brasil, o IPT assume uma temperatura crítica de ensaio. No exterior, em fornos mais apropriados à análise de resistência ao fogo, podem ser empregados outros limites mais realísticos, portanto favoráveis à economia, por exemplo, deslocamentos limites, como é o caso dos ensaios do UL, Underwriters Laboratory de Chicago (UL, 2002) (VARGAS; SILVA, 2003) ou da Building Research Establishment – BRE, em Warrington, Inglaterra.

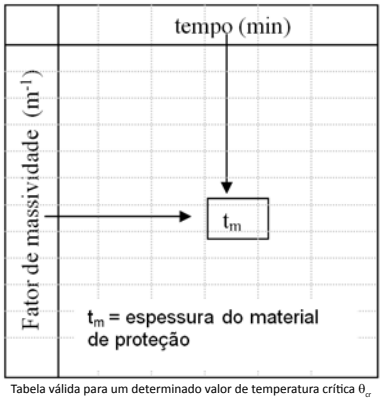


FIGURA 35 - Carta de cobertura para materiais de revestimento contra fogo

Fator de massividade é uma característica geométrica, calculada pela relação entre a área lateral exposta ao fogo e o correspondente volume (em perfis prismáticos, com iguais condições de aquecimento em todo comprimento, simplifica-se para a relação entre o perímetro (m) exposto ao fogo e a área (m²) da secção do perfil). A unidade é m^{-1}. Quanto maior o valor desse fator, mais esbelta termicamente será a peça estrutural e, portanto, atingirá temperaturas mais altas em um determinado período de tempo em relação a uma peça com maior massividade.

5.2.3. ELEMENTOS MISTOS OU INTEGRADOS

Na construção civil, em especial de edifícios, é comum encontrarmos elementos de aço em contato com elementos robustos (lajes e alvenaria), constituindo-se as estruturas mistas ou estruturas integradas. As estruturas mistas de aço e de concreto são aquelas em que ambos os materiais trabalham de forma solidária para resistir aos esforços externos. Em situação de incêndio há transferência de calor entre os elementos estruturais. Têm-se, por exemplo, as vigas, as lajes e os pilares mistos de aço e concreto (figura 36). As estruturas integradas são aquelas em que o aço, a altas temperaturas, transfere calor para o concreto ou para a alvenaria, sem, no entanto, haver solidariedade estrutural (Figuras 37 e 38).

FIGURA 36 - estruturas mistas de aço e concreto

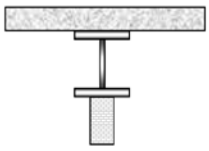


FIGURA 37 - Viga sob laje, com parede abaixo

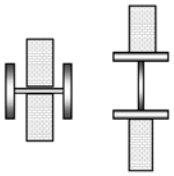


FIGURA 38 - Pilar entre alvenarias

Para esses casos, podem se empregados os métodos simplificados fornecidos pela NBR 14323:1999 ou métodos numéricos mais realísticos, a procura de soluções mais econômicas. métodos numéricos mais realísticos, a procura de soluções mais econômicas. Os métodos numéricos dependem de programas de computador. São tão mais econômicos, quão mais precisas forem as modelagens do incêndio e da estrutura, revestida ou não. No caso de elementos aço em contato com alvenarias ou concreto, as diferenças entre resultados obtidos por meio simplificado e numérico podem ser significativos. Nas figuras 39 e 40 apresentam-se alguns exemplos de resultados obtidos por meio de programas de análise térmica.

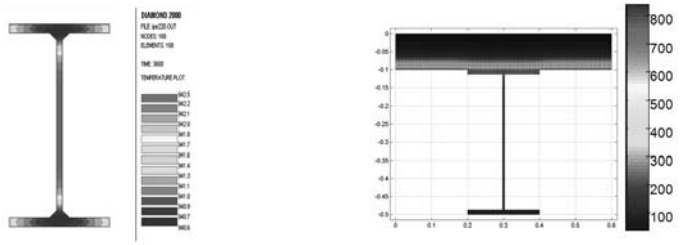


FIGURA 39 - Exemplos de resultados de análise térmica numérica realizadas em:
a) viga isolada (SAFIR) b) viga sob laje (Supertempcalc)

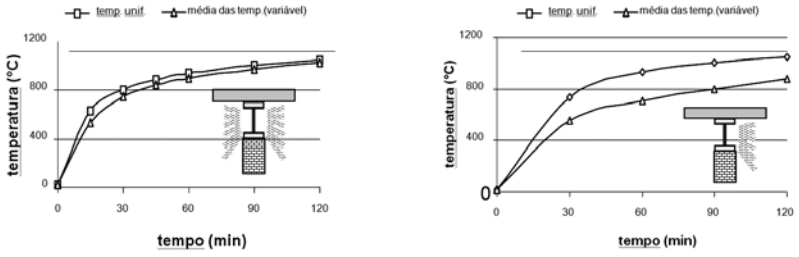


FIGURA 40 - Temperatura no aço determinada por método analítico e numérico (Supertempcalc), para:
a) fogo em duas faces b) fogo em uma face

Como nos outros casos, podem-se utilizar métodos numéricos ou experimentais. As figuras 41 e 42 mostram algumas soluções possíveis, comumente utilizadas em vários países europeus.

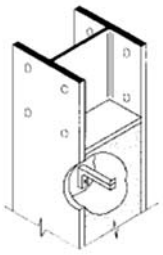


FIGURA 41 - Pilares mistos de aço e concreto solidarizados por intermédio de conectores de cisalhamento, fornecem proteção de 60 minutos

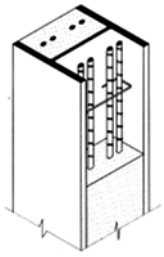


FIGURA 42 - Arranjo de pilar misto de aço e concreto fornece proteção de 60 minutos. Os estribos devem soldados à alma dos perfis

5.2.4. MATERIAIS DE REVESTIMENTO CONTRA FOGO

A solução mais freqüentemente empregada para evitar o aumento excessivo da temperatura das estruturas de aço em situação de incêndio é revesti-las por meio de materiais de proteção antitérmica. Esses materiais possuem características muito diversas, e podem ser aplicados de diferentes modos. A figura 41 ilustra diferentes formas aplicação.

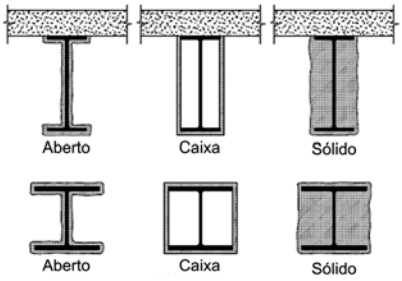


FIGURA 41 - Os materiais de proteção passiva podem ser aplicados diretamente sobre os componentes estruturais, podem ser aplicados na forma de caixa, protegendo o elemento, ou ainda podem isolar completamente o componente em aço do meio

5.2.4.1. CONCRETO

O concreto moldado "in loco" (e também o concreto pré-moldado) tem sido utilizado como proteção antitérmica desde os primórdios da construção em aço (FREITAG, 1899). As Figuras 44 e 45 mostram soluções construtivas em pré-moldados leves de concreto. Elas oferecem uma solução esteticamente adequada a grande número de situações e a um custo relativamente pequeno.

FIGURA 44 - Pilares de aço protegidos com pré-moldados de concreto. A resistência ao fogo para esses componentes particulares é de 60 minutos

FIGURA 45 - Detalhe do componente confeccionado em pré-moldado leve. A resistência ao fogo deste tipo genérico de componente é de, no mínimo, 60 minutos

5.2.4.2. MATERIAIS PROJETADOS: FIBRA PROJETADA, PRODUTOS DE BASE CIMENTÍCIA OU DE GESSO

Materiais de base cimentícia ou gesso contendo fibras minerais, vermiculita expandida e outros agregados leves são, de forma geral, os produtos de revestimento contra fogo mais baratos; eles podem fornecer resistência ao fogo de até 240 minutos.

A aplicação destes materiais é realizada em campo; algumas experiências bem-sucedidas de aplicação "off-site" tem sido realizadas na Inglaterra, mas a aplicação prévia exige muito cuidado no transporte e montagem dos componentes.

Esses materiais são conduzidos, dentro do equipamento de aplicação, na condição seca (fibras projetadas) ou úmida (materiais de base gesso contendo vermiculita).

Como ilustração, descrevem-se na Tabela 7 alguns dos produtos empregados no mercado nacional.

Tabela 7 - Materiais projetados empregados no mercado nacional

PRODUTO	FABRICANTE	REPRESENTANTE NO BRASIL
Blaze Shield II	Isolatek International	Morganite do Brasil
Cafco 300	Isolatek International	Morganite do Brasil
Fendolite	Isolatek International	Morganite do Brasil
Pyrolite 15 HY	Carboline	Unifrax Brasil
Pyrolite 22	Carboline	Unifrax Brasil
Pyrocrete 40	Carboline	Unifrax Brasil
Pyrocrete 40	Carboline	Unifrax Brasil
Termosist	Grupo Sistema	Produzido no Brasil
Isobrax	Magnesita	Produzido no Brasil
Isopiro	Eucatex	Produzido no Brasil
Isopiro LV	Eucatex	Produzido no Brasil
Monokote MK6	Grace	Grace do Brasil

5.2.4.3. MATERIAIS RÍGIDOS OU SEMI-RÍGIDOS

Materiais rígidos ou semi-rígidos são fôrmas aplicadas a seco, tanto na forma de "caixas" quanto de "envolventes". Esse grupo de materiais inclui as fibras cerâmicas, a lã de rocha basáltica, o silicato de cálcio, gesso (placas de gesso acartonado ou o próprio gesso) e vermiculita. Todos são materiais incombustíveis. A maior parte é somente aplicável a interiores. Os tempos de resistência ao fogo desses produtos podem atingir uma resistência ao fogo de 240 minutos. As placas de gesso acartonado e vermiculita são duras e lisas, possuindo aparência agradável. Por outro lado, são vulneráveis ao impacto. As mantas de fibras minerais (fibra cerâmica e lã de rocha basáltica) são macias ao toque e flexíveis. Os problemas potenciais associados às fibras "soltas" são minimizados, em países desenvolvidos, pela utilização de um recobrimento composto de uma fina folha de alumínio. A aparência visual variará de acordo com o sistema escolhido.

Os materiais flexíveis são fixados ao aço por intermédio de pinos de aço soldados à estrutura por meio de anilhas de pressão. As placas rígidas podem ser fixadas por meio de uma grande variedade de opções (montantes de aço galvanizado, pinos de aço, parafusos autoperfurantes, e, algumas vezes, colas especiais).

Períodos de resistência ao fogo maiores são obtidos por meio da utilização de múltiplas camadas. Nesse caso, deve ser promovido um cuidadoso recobrimento das juntas.

Como ilustração, descrevem-se na Tabela 8 alguns dos produtos empregados no mercado nacional.

Tabela 8 - Materiais rígidos ou semi-rígidos empregados no mercado nacional

PRODUTO	FABRICANTE	REPRESENTANTE NO BRASIL	MATERIAL
PEM Thermax	Rockfibras	Produzido no Brasil	Lã de rocha basáltica
Firemaster	Morganite do Brasil	Produzido no Brasil	Fibra cerâmica
Firewrap B6	Morganite do Brasil	Produzido no Brasil	Fibra cerâmica
Placo	Placo do Brasil	Produzido no Brasil	Gesso acartonado
Knauf	Knauf do Brasil	Produzido no Brasil	Gesso acartonado
Gypsum	Lafarge	Produzido no Brasil	Gesso acartonado

5.2.4.4. TINTAS INTUMESCENTES

As tintas intumescentes foram desenvolvidas há muito tempo - a primeira patente é de 1938 - e os princípios que regem sua atuação já são muito bem conhecidos. Desde sua criação, e, em particular, durante os últimos

vinte anos, seu uso tem crescido em todos os países.

O termo intumescente deriva do latim “tumescere”, que significa iniciar, expandir. A intumescência ocorre pela reação de componentes ativos sob influência do calor, produzindo uma expansão significativa. Esses componentes ativos, ou intumescentes, expandem muitas vezes sua espessura inicial aplicada quando aquecidos (tipicamente mais do que 60x), produzindo uma massa carbonácea que protege qualquer substrato sobre o qual o revestimento tenha sido aplicado.

Um sistema intumescente possui, de modo geral, três componentes: um primer, a tinta intumescente (a fase que reage) e um selante (a pintura de acabamento). Em algumas situações, o primer ou o acabamento podem não ser necessários.

Os revestimentos intumescentes possuem os seguintes ingredientes:

• Um catalisador que se decompõe sob efeito do calor, produzindo um ácido mineral (como o ácido fosfórico). O polifosfato de amônio é o catalizador comumente utilizado.

• Um agente carbonizante, como o amido, que se combina com o ácido mineral, formando uma massa carbonácea.

• Um aglutinante, ou resina, que amolece a uma temperatura predeterminada.

• Um agente espumífico que se decompõe juntamente com o fusão do ligante, liberando grandes volumes de gases não-inflamáveis. Esses gases incluem o dióxido de carbono, amônia e vapor de água. A produção desses gases promove o inchamento (entumescimento) da massa carbonácea, gerando uma espuma carbonácea, que se expande cerca de 60x (ou mais) o volume original da tinta, promovendo a proteção térmica.

Os revestimentos intumescentes mais empregados na construção civil podem ser tanto de base solvente quanto base de água, e tipicamente possuem uma espessura de película seca menor do que 3 mm. Revestimentos intumescentes são muito utilizados na proteção de estruturas de aço para períodos de trinta e sessenta minutos, e seu uso para noventa minutos tem aumentado em alguns países.

A maior parte dos revestimentos intumescentes é dedicada ao uso interno ou em locais abrigados, em ambientes externos. Durante a fase de construção, algum revestimento intumescente pode ficar temporariamente exposto ao ambiente externo e o uso de um selante pode ser necessário. Para exposições externas, deve-se consultar o fabricante da tinta.

O uso destes produtos corresponde, em certos países, a mais do que 40% do mercado de produtos de proteção térmica utilizados em edifícios de múltiplos andares. No Reino Unido, esse número já ultrapassa os 50%, sendo que 2/3 correspondem à aplicação em campo (“on-site”) e 1/3 à aplicação no fabricante (“off-site”).

Alguns dos benefícios provenientes da aplicação “off-site” de tintas intumescentes são:

• Construção mais rápida, pois a proteção deixa de ser uma etapa crítica do processo de construção.

• Qualidade na aplicação, pois é feita sob condições cuidadosamente controladas e supervisionadas.

• Redução de interferências no canteiro de obra, pois não há necessidade de alocação de equipamento.

• Benefícios ambientais, como resultado da redução das emissões de solventes no site e de materiais particulados diversos, algumas vezes associados a outras formas de proteção.

Embora o revestimento intumescente seja o principal componente do sistema de proteção antitérmica, ele é somente parte de um sistema de proteção. Importância semelhante tem outros componentes e processos que permitem sua aplicação. Para um sistema típico, haverá:

• Preparo de superfície.

• Aplicação, quando necessário, de uma tinta de fundo (primer).

• Aplicação da tinta intumescente.

• Aplicação, quando necessário, de um selante.

• Aplicação de um acabamento decorativo, quando especificado.

Na maior parte dos sistemas intumescentes, o selante e o acabamento decorativo são combinados em um único produto. Considera-se uma boa prática na aplicação “off-site” o uso de um selante, mas, de qualquer modo, o fabricante da tinta intumescente deve ser consultado.

A seleção de cada um dos componentes individuais deve ser específica às necessidades de aplicação, em questão a que cada componente deve ser considerado com respeito à compatibilidade, em temperatura ambiente

e em altas temperaturas, com os outros componentes do sistema de proteção.

Quando se especifica um sistema intumescente, devem-se considerar as que condições ambientais específicas, isto é, a longevidade do sistema dependerá das condições ambientais a que ele estará sujeita, durante a vida da edificação.

Na maior parte dos casos, um sistema intumescente corretamente aplicado, exposto internamente (categoria C1 ou mesmo C2, segundo a Norma ISO 9223) não exigirá qualquer manutenção adicional ao longo da vida útil da edificação além daquela de caráter puramente decorativo (ou onde danos mecânicos tenham ocorrido). Para todas as outras categorias de agressividade, a manutenção periódica pode ser necessária. De qualquer modo, é prudente consultar o fabricante da tinta intumescente. Como ilustração, descrevem-se na Tabela 9 alguns dos produtos empregados no mercado nacional.

Tabela 9 - Tintas intumescentes empregadas no mercado nacional

PRODUTO	FABRICANTE	REPRESENTANTE NO BRASIL
Nullifire S605 e S707	Carboline	Unifrax Brasil
Firetex	Leigh´s Paints	Morganite do Brasil
Sprayfilm	Isolatek International	Morganite do Brasil
Interchar 963	Tintas International	Produzido no Brasil
Firesteel 47-A	Firetherm	CKC do Brasil
Calatherm 600	Tintas Calamar	Produzido no Brasil

Na Tabela 10 resumem-se as principais características dos diversos sistemas de proteção.

Tabela 10 - Resumo das principais características dos sistemas de proteção antitérmica

	MATERIAIS PROJETADOS	MATERIAIS RÍDIGOS OU SEMI-RÍGIDOS	MATERIAIS INTUMESCENTES
Custo relativo	Baixo a médio	Baixo a médio	Médio a alto
Aplicação (úmido ou seco)	Úmido	Em geral, seco	Úmido
Limpeza durante aplicação	Suja - A proteção de superfícies adjacentes é necessária	Relativamente limpa	Proteção é necessária às superfícies adjacentes
Equipamentos necessários à aplicação	Equipamentos especiais são necessários	Ferramental simples	Equipamentos utilizados normalmente em pintura
Uso interno/externo	Interno e externo	Interno; para uso externo, existe a necessidade de proteção adicional	Interno, com alguns sistemas externos
Preparação	Nenhum tipo de primer é requerido para uso interno, mas as superfícies devem estar limpas e serem compatíveis	Não há necessidade de preparo prévio	Uma tinta de fundo compatível é necessária, aplicada sobre superfícies de aço previamente limpas
Robustez	Relativamente frágil; pode ser vulnerável a danos mecânicos. Alguns revestimentos são inadequados às áreas abertas	Algumas placas rígidas são relativamente frágeis e podem ser vulneráveis ao dano mecânico. Materiais semi-rígidos podem requerer cobertura adicional	Semelhante aos sistemas de pintura tradicionais
Acabamento	Acabamento texturizado	Variável: materiais rígidos são normalmente lisos, com juntas visíveis, a menos que um acabamento seja aplicado. Materiais semi-rígidos são texturizados, com a fixação visível	Liso ou levemente texturizado. Um acabamento decorativo colorido pode ser aplicado

	MATERIAIS PROJETADOS	MATERIAIS RÍDIGOS OU SEMI-RÍGIDOS	MATERIAIS INTUMESCENTES
Retenção mecânica	Necessária quando a espessura é elevada, e em algumas geometrias específicas	Requer, normalmente, algum tipo de retenção	Normalmente não necessita
Faixa de espessuras	10 a 75 mm	Camadas múltiplas podem ser necessárias. Placas de 6 a 100 mm e mantas de 12 a 76 mm	Camadas de 0,3 a 6,5 mm
Resistência ao fogo máxima	240 minutos	240 minutos	120 minutos

5.3. MADEIRA

5.3.1. INTRODUÇÃO

A madeira é um combustível sólido. Como tal, passa por um processo de degradação térmica quando submetida à elevação da temperatura. Nesse processo, diferentes resíduos são produzidos, entre eles: compostos químicos voláteis, gases, vapor d'água, fumaça, cinzas e carvão. Combustíveis sólidos, como a madeira, são fontes compactas de armazenamento de energia que passam por um processo de gaseificação para alimentar as reações de combustão, (LEPAGE et al, 1986). Esse processo ocorre em etapas (ver Figura 46) e sua compreensão, assim como a reação e resistência ao fogo da madeira, auxilia no estudo do desempenho da madeira em situação de incêndio para uso estrutural, permitindo assim a tomada de decisões para seu emprego racionalizado e seguro. Convém ressaltar que para o estudo da madeira destinada à aplicação estrutural, a temperatura de interesse de estudo vai até cerca de 300oC, pois acima desse valor, a madeira já se encontra carbonizada e, portanto, sem suas propriedades mecânicas e físicas de interesse.

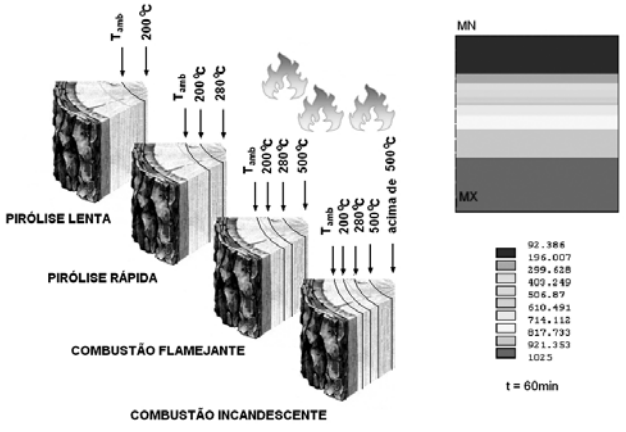


FIGURA 46 - Fases de degradação da madeira

A combustibilidade da madeira é interpretada desfavoravelmente por projetistas do setor construtivo e os faz declinar a outras opções na escolha do material estrutural. No entanto é necessário ponderar a respeito das características que lhe são favoráveis e as que não lhe são favoráveis, visto que o principal obstáculo para o maior aproveitamento da madeira estrutural é o desconhecimento total ou parcial das potencialidades próprias do material, de notória variabilidade, sob as diversas condições de uso.

A combustão da madeira não ocorre de forma rápida. É de conhecimento comum que sua degradação térmica têm início em uma faixa de temperatura compreendida entre 270ºC e 300ºC e que sua ignição requer temperaturas superiores aos 400ºC, (LEPAGE et al, 1986). Assim, não deveria nos surpreender que haja poucas situações relatadas nas quais a madeira atuou como o material responsável para o desencadeamento de um incêndio, por meio de sua ignição.

Vários são os fatores que concorrem para o comportamento favorável da madeira em situação de incêndio, entre eles a formação de uma camada superficial de carvão, que atua como isolante térmico, protegendo as camadas internas da exposição às elevadas temperaturas presentes na superfície da madeira. A lenta transmissão de calor colabora para que não haja perdas das propriedades físicas e mecânicas do elemento estrutural. Se não houver o combate ao incêndio, o lento avanço da zona de combustão da madeira será progressivo, degradando as camadas internas da seção e conduzindo a perda de capacidade de suportar carregamento do elemento estrutural, caso sua seção transversal residual efetiva passe a ser insuficiente para suportar o carregamento ao qual é solicitado (Figura 47), para maiores detalhes consultar (PINTO, 2005).

A forma, as condições de superfície e as dimensões da seção do elemento estrutural de madeira possuem relevante importância em seu desempenho ao fogo. A relação entre superfície e volume exerce influência na combustibilidade. Nesse sentido, vários países classificam a madeira empregada estruturalmente em duas categorias: "heavy timber" e "light frame timber"; em nosso país essa denominação pode ser entendida como: madeira de grandes dimensões usada em peças estruturais e madeiramento leve.

Considerando-se, como ilustração, uma viga de madeira com 400 mm x 400 mm, a uma taxa de carbonização de 0,6 mm/min, seriam necessários, com base no incêndio-padrão, 240 min para que ela se consumisse por completo (com fluxo de calor contínuo). No entanto, o combate ao incêndio ou a extinção da carga de incêndio externa antecede a esse tempo e as vigas ficam praticamente intactas, com uma seção residual efetiva (prevista em projeto) capaz de resistir aos esforços. Considerando um incêndio natural, o decréscimo da temperatura, juntamente com o tempo de duração da exposição, pode resultar na interrupção do processo de degradação térmica da madeira. Para madeiras robustas, basta que se imagine que há gradientes térmicos em declínio na seção (figura 46) e que para se degradar ela precisa passar por etapas pautadas por acréscimos energéticos, principalmente para a vaporização da água contida nas células, formação do carvão isolante e para a transposição do processo endotérmico para exotérmico. Como em um incêndio natural ocorre o declínio da temperatura, sem fonte de calor a tendência do processo de degradação é se tornar mais lento ou ser interrompido por completo (PINTO,2005).

Em se tratando de estruturas de madeira, não é aplicável o conceito de temperatura crítica. Em lugar de análise térmica, é determinada a espessura carbonizada e a posterior análise estrutural é feita com base em uma área reduzida, incluindo ou não o efeito de arredondamento das quinas do elemento estrutural (ver Figura 46). A redução da capacidade resistente se deve principalmente à diminuição gradual da seção resistente, substituída pelo carvão e à redução das propriedades mecânicas de resistência e rigidez na seção residual. Lembra-se que o Brasil não possui, até o presente momento, normatização nacional sobre estruturas de madeira em situação de incêndio e que por ocasião dos trabalhos de revisão da NBR 7190:1997, um anexo irá tratar a respeito desse tema tendo como base textos propostos pelo Eurocode e dados obtidos de pesquisas realizadas no Brasil.

FIGURA 47 - Seção de uma viga de Eucalyptus grandis
exposta a curva padronizada

5.3.2. ESPESSURA DE CARBONIZAÇÃO

A carbonização deve ser considerada em todas as superfícies da madeira e painéis derivados da madeira diretamente expostos ao incêndio e em superfícies protegidas onde a carbonização da madeira ocorra durante considerável tempo de exposição. A espessura de carbonização é função do tempo de exposição ao fogo e da taxa de carbonização. O cálculo das propriedades da seção deve se basear na espessura real do carvão incluindo ou não o arredondamento dos cantos (ver Figura 47). A posição da linha de carvão pode ser tomada como a posição da isotérmica a 300ºC.

A taxa de carbonização nominal em elementos desprotegidos, que inclui o efeito de arredondamento dos cantos e fissuras (figura 48), pode ser considerada constante com o tempo e deve ser calculada conforme eq. 21.

$$d_{char,n} = \beta_n t$$

onde:

$d_{char,n}$ = espessura de carbonização nominal projetada, incluindo o efeito de arredondamento de cantos.

β_n = taxa de carbonização nominal, incluindo o efeito de arredondamento de cantos e fissuras.

t = tempo de exposição ao fogo padronizado.

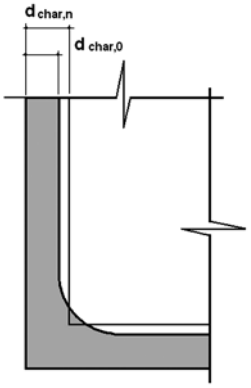


FIGURA 48 - Espessura nominal de carbonização incorporando o efeito do arredondamento

Valores de β_n são fornecidos no Eurocode 5 parte 2, para diversos tipos de madeira. Variam entre 0,5 a 0,8 mm/min.

Tabela 11 - Taxa de carbonização para cálculo de estruturas de madeira, β_0 e β_n

ESPECIFICAÇÃO	MATERIAL	β_0 (mm/min.)	β_n (mm/min.)
Coníferas	MLC, densidade ≥ 290 kg/m3	0,65	0,7
	Madeira serrada, densidade ≥ 290 kg/m3	0,65	0,8
Folhosas	Madeira serrada ou MLC, densidade ≥ 290 kg/m3	0,65	0,7
	Madeira serrada ou MLC, densidade ≥ 450 kg/m3	0,5	0,55

β_0 - taxa de carbonização básica para exposição em uma dimensão; βn taxa de carbonização nominal, incluindo o efeito de arredondamento das quinas e aparecimento de frestas; MLC Madeira Laminada Colada. Fonte: (Eurocode 5, 2004).

Em placas de madeira em que o efeito do arredondamento pode ser desprezado, o valor de β_n toma o valor de β_o também fornecido na norma européia. Os procedimentos a serem adotados em elementos de madeira protegidos também podem ser encontrados no Eurocode 5.

O dimensionamento dos elementos estruturais de madeira é feito considerando-se a redução de área resistente devido à carbonização e posterior verificação de segurança para os valores de cálculo reduzidos dos esforços solicitantes (item 4.1). A redução da seção pode ser feita de duas maneiras: considerar-se uma espessura adicional da camada carbonizada ($k_0 d_0$ da Figura 49), que leva em conta a redução de resistência do núcleo do elemento ou adotar-se simplesmente a espessura nominal ($d_{char,n}$ da Figura 49). No primeiro caso, as propriedades mecânicas da madeira são aquelas da temperatura ambiente, no segundo caso a redução dos valores das propriedades mecâncias devido à temperatura deve ser considerada.

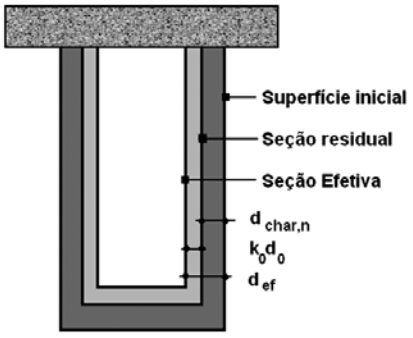


FIGURA 49 - Área reduzida da seção transversal de um elemento de madeira. (Nota:d_{ef} é a espessura carbonizada efetiva)

Por simplicidade, os valores das taxas de carbonização são considerados lineares e basicamente levam em conta a densidade a espécie (coníferas ou folhosas). No entanto, a taxa de carbonização também pode ser calculada por meio de expressões matemáticas lineares e não-lineares, como exemplo, a norma australiana AS 1720.4 (1990), que além da densidade, também utiliza como parâmetro o teor de umidade do elemento estrutural de madeira. Outras expressões matemáticas e estatísticas também podem ser encontradas nos trabalhos realizados por Shaffer (1967), White (1988) e no Brasil, em Pinto (2005), os quais estudaram diferentes parâmetros intrínsecos a madeira para formulação de seus modelos.

Como método alternativo é possível lançar mão de cálculos avançados, tal como proposto pelo Eurocode 5, contendo propriedades térmicas e termo-mecânicas da madeira exposta a uma situação de incêndio-padrão.

5.3.3. MATERIAS DE REVESTIMENTO E PROTEÇÃO PARA MADEIRA

A proteção de elementos estruturais de madeira pode ser realizada por meio do cobrimento dos elementos estruturais com materiais de propriedades isolantes e por meio da incorporação de produtos químicos que proporcionem melhorias na sua reação ao fogo.

5.3.3.1. COBRIMENTO DO ELEMENTO ESTRUTURAL DE MADEIRA

A proteção da madeira por meio do cobrimento visa isolar a madeira das temperaturas elevadas (Figura 50). São inúmeros os materiais de proteção antitérmica disponíveis comercialmente para a madeira. São comumente empregados: gesso, lã de rocha, lã de vidro. Morfologicamente, esses produtos são dispostos de forma a envolver elemento estrutural contornando-o superficialmente.

Invariavelmente, quando se opta pela escolha da madeira como material estrutural, o projetista busca principalmente tirar proveito de suas propriedades organolépticas. Portanto em poucas situações é desejável ocultá-la visualmente, sendo esse método de proteção indicado para espaços nos quais a madeira se encontra confinada ou, como por exemplo, em locais nos quais já é previsto o recobrimento, tal qual em paredes entramadas nas quais é comum o uso de placas acartonadas de gesso.

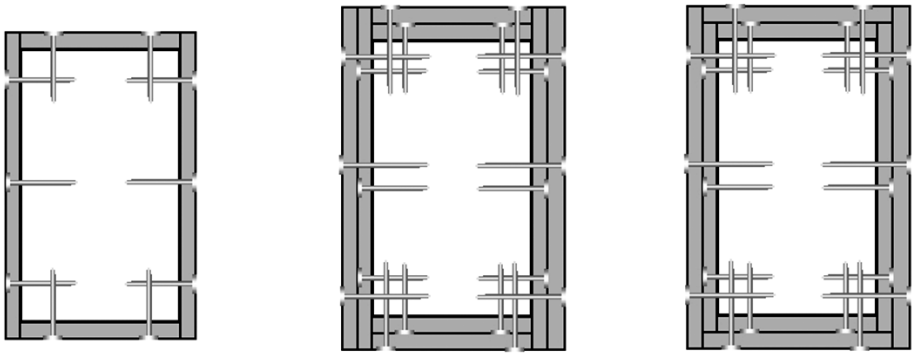


FIGURA 50 - Proteção da madeira por material isolante por cobrimento em pilares e vigas, exemplos de fixação (Fonte: Eurocode 5, 2004)

5.3.3.2. TRATAMENTOS IGNÍFUGOS

O tratamento contra o fogo aplicado à madeira visa à incorporação de produtos químicos de modo a torná-la um material que tão somente carbonize até sua completa degradação sem que propague chamas ou que contribua para a combustão no ambiente, assegurando um desempenho que não teria naturalmente, (LEPAGE et al, 1986). Dois processos são utilizados para esse fim, segundo a forma de aplicação:.

a) Tratamento superficial com tintas ou vernizes intumescentes (Figura 51)

A ação desses produtos se dá por meio do retardo na propagação de chamas devido à intumescência da camada de tinta, formando uma espuma microporosa e termo-isolante, cuja espessura após a exposição ao fogo pode chegar até a 30 mm, que inibe a elevação da temperatura no substrato, impede o acesso do oxigênio na reação de combustão, retarda a propagação de chamas, reduz a emissão de fumaças tóxicas e a liberação dos produtos inflamáveis necessários à combustão. Existe uma gama produtos para conferir a melhoria da reação ao fogo à madeira. Em alguns casos, inseticidas são adicionados ao produto ignífugo. Esses ignífugos são solvidos em água, com tempo de cura de até três dias e apresentam opção de acabamento incolor ou pigmentado.

Tinta intumescente

Tinta intumescente combinado com verniz

FIGURA 51 - Tinta intumescente . (Fonte:CKC do Brasil Ltda , 2007 e FLOORINGTEC BRASIL, 2007)

A aplicação é feita por rolo ou pincelamento cruzado, com espessura final entre 40 µm a 12 mm. O rendimento varia em função do tipo de superfície de madeira, sua absorção e em função do produto ignífugo: aproximadamente 200 ml/m^2 a 500 ml/m^2. Além do pincelamento, alguns produtos possibilitam a aplicação por pistolas. É importante salientar que, salvo por orientação do fabricante, não é recomendada a sobreposição de outros produtos sobre o produto ignífugo empregado, tal como tintas ou vernizes comuns, pois resulta na perda do efeito ignífugo do revestimento. Como ilustração apresentam-se na tabela 12, alguns produtos disponíveis no mercado.

Tabela 12 - Produtos ignífugos disponíveis no mercado brasileiro

PRODUTO	FORNECEDOR	CARACTERÍSTICAS
SPAC- Antifogo para madeira	Spalaor comercial Ltda.	Ignífugo e cupinicida; incolor e pigmentado
NOFIRE Wood	Flooringtec do Brasil	Incolor; flexível; aplicação por imersão ou rolo; retarda chamas
NFW-Thicness Color	Flooringtec do Brasil	Incolor; retarda chamas
FLAMMEX 01	Fakolith	Intumescente; pigmentado em várias opções de cores; para uso externo ou de possível impacto mecânico é recomendado o uso de verniz protetor
FLAMMEX HOLZ 2K	Fakolith	Intumescente; transparente; especialmente indicado para climas tropicais devido à boa resistência a alta umidade
CKC-2020	CKC do Brasil Ltda.	Retarda chamas; incolor; aplicado com um impermeabilizante que permite resistência a intempéries
CKC-F-268	CKC do Brasil Ltda.	Intumescente; tinta em cor branca com possibilidade de adição de pigmentação na cor desejada
CKC-141vr	CKC do Brasil Ltda.	Verniz acabamento brilhante ou fosco; retarda chamas
CKC-166vi	CKC do Brasil Ltda.	Verniz intumescente; aplicável em ambiente externo quando combinado ao verniz CKC-167

Fonte: SPALAOR Comercial Ltda, 2004; FAKOLITH, 2007, CKC do Brasil Ltda, 2007; FLOORINGTEC Brasil, 2007

Podemos citar como vantagens desse método: a execução do tratamento na própria obra ou edificação, mesmo após sua conclusão; apresenta pouca interferência nas propriedades mecânicas e físicas da madeira; resistência à lixiviação e bom desempenho no retardamento da propagação da chama. Como desvantagens citam-se: menor controle de qualidade; fácil remoção do produto por abrasão e lixiviação.

b) Tratamento por impregnação de produtos ignífugos

Consiste em impregnar na madeira as soluções com sais ignífugos. O método por imersão é citado como opção pelos fabricantes de alguns produtos como uma opção de tratamento por impregnação; no entanto, devido à maior eficácia, o tratamento de impregnação por pressão é mais difundido. Desse modo, uma combinação de vácuo e pressão é realizada na madeira, forçando a penetração dos sais em sua estrutura. Esse método de proteção é realizado em usinas de tratamento. Possui um carater industrial e apresenta algumas vantagens em relação ao processo de imersão por haver a possibilidade de uniformidade no produto final, facilidade no controle de qualidade e segurança.

O fator crítico para a eficácia desse tratamento é a espessura do produto impregnado à madeira, visto ser um fenômeno de superfície. Concorre favoravelmente para isso a permeabilidade do substrato, o qual varia em função da espécie de madeira utilizada entre outros fatores. Normalmente as madeiras leves, espécies coníferas e a madeira oriunda do alburno apresentam melhor absorção por impregnação, devido à sua constituição anatômica.

Podemos citar como vantagens desse método: melhor controle de qualidade, resistência da remoção do tratamento por ação mecânica; possibilita adição de formulações inseticidas e fungicidas. Como desvantagens citam-se: o custo elevado, se comparado ao método de pintura; redução de cerca de 10% na resistência mecânica da madeira; por ser um produto solúvel em água, a variação do teor de umidade na madeira pode conduzir a migração dos sais para a superfície, vindo a se cristalizarem; a cristalização dos sais na superfície eleva a alcalinidade da ma-

deira atacando eventuais peças metálicas a ela incorporadas. A opção pelo tratamento deve preceder a construção, pois a madeira é tratada em usina. Após a obra pronta ou em edificações já existentes esse método se inviabiliza (AGUILAR, 1986).

Em suas formulações, os tratamentos comerciais inorgânicos, tal como, cromato de zinco cromatado; Minalith e Pyresote possuem em suas formulações fosfatos de amônio. As formulações com compostos orgânicos contêm carbono, halogênios e derivados de fósforo. O "American Institute of Timber Construction" - AITC não recomenda que peças estruturais de grande dimensão sejam tratadas por ignífugos impregnados. O motivo reside na resistência natural que esses elementos já possuem pela suas dimensões, de modo que o tratamento não elevaria de modo significativo a resistência ao fogo desses elementos e contribuiria desfavoravelmente para a redução das propriedades da madeira.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• AGUILAR, D.Filho. *Combustibilidade e tratamento ignífugo da madeira.* São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1986.

• AMERICAN SOCIETY TESTING AND MATERIALS (ASTM E-119). *Standard test methods for fire tests of building constructions and material.* West Conshohocken (EUA): 2000.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Ações e segurança nas estruturas.* NBR 8681. Rio de Janeiro: 2003.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Exigências de resistência ao fogo dos elementos construtivos das edificações.* NBR 14323. Rio de Janeiro: 2000.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio.* NBR 14323. Rio de Janeiro: 1999.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de estruturas de madeira.* NBR 7190. Rio de Janeiro: 1997.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de estruturas de concreto em situação de incêndio.* NBR 15200. Rio de Janeiro: 2004.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo.* NBR 5628. Rio de Janeiro: 2001.

• AUSTRALIAN STANDARD. AS 1720.4 –1990. *Timber structures. Part 4: Fire resistance of structural timber members.* Sidney: 1990.

• BRITISH STANDARD INSTITUTION. *Fire Tests on Building Materials and Structures – Methods for Determination of the Contribution of Components to the Fire Resistance of a Structure.* BS476: Part 23. London: 1987.

• CORPO DE BOMBEIROS – POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO (CB-PMESP). *Segurança estrutural nas edificações – Resistência ao fogo dos elementos de construção. Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros.* IT 08:04. São Paulo: 2004.

• CKC DO BRASIL Ltda, 2007. *Produtos CKC, Proteção passiva contra incêndio.* http://ckc.com.br/empresa/raiz_emp.html. 13/maio/2007.

• DEUTSCHES INSTITUT FÚR NORMUNG. *Structural fire protection in industrial buildings.* DIN 18230. Part 1. Berlin: 1998

• EC1. *General Actions – Actions on structures exposed to fire. Eurocode 2 - Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2002.

• EC2. *Design of concrete structures. Structural fire Design. Eurocode 2 - Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2004.

• EC3. *Design of steel structures. Structural fire design Eurocode 3 - Part 1.2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2003.

• EC4. *Design of composite steel and concrete structures. Structural fire design Eurocode 4 - Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2003.

• EC5. *Design of timber structures. Structural fire design. Eurocode 5- Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2004.

• EC 6. *Design of masonry structures. Structural fire design. Eurocode 6 - Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 2005.

• EC9. *Design of aluminium structures. Structural fire design. Eurocode 9 - Part 1-2.* EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. Brussels: 1998.

• FAKOLITH Gmbh, 2007. *Productos.* http://www.fakolith.com/brasil/producto.php?id=26. 10/ abril/2007.

• FLOORINGTEC BRASIL, 2007. *Productos Flooringtec.* http://www.flooringtec.com.br. 13/maio/2007.

• FREITAG, J. K. *The Fireproofing of Steel Structures.* 1st Edition, John Wiley & Sons, 1899.

• INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. *Fire-resistance tests - Elements of building construction.* ISO 834. Genève: 1994.

• INTERNATIONAL STANDARDIZATION FOR ORGANIZATION. *Corrosion of metals and alloys – Corrosivity of Atmosphere – Classification.* ISO 9223. Genève: 1992.

• LEPAGE, E.S et al. *Manual de preservação de madeira. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - PT.* São Paulo: 1986.

• MELO, J.E de. Madeira: *Características e aplicações. Ministério do meio ambiente e dos recursos naturais renováveis.* Rasília: 2002.

• MÖRSCH, E. *Teoría e práctica del hormigón armado. Tomo I.* Versão do alemão por Company, M. Editorial Gustavo Gili. Barcelona: 1948.

• PETTERSSON,O.; MAGNUSSEN,S.; THOR, J. *Fire engineering design of steel structures. Swedish Institute of Steel Construction.* Stockholm: 1976.

• PINTO, E. M. *Determinação de um modelo de taxa de carbonização transversal à grã para o Eucalyptus citriodora e Eucalyptus grandis.* São Carlos. Tese (Doutorado) – Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo: 2005.

• SCHAFFER, E.L. *Charring rate of selected woods-transverse to grain. FPL. 69.* Madison, WI: US Department of agriculture, Forest Products Laboratory. 1967.

• SILVA, V. P. *Estruturas de aço em situação de incêndio.* Zigurate Editora. São Paulo: 2004.

• SILVA, V. P. *Determination of the temperature of thermally unprotected steel members under fire situations. Considerations on the section factor.* Latin American Journal of Solids & Structures: 2006.

• SILVA, V. P. *Determination of the steel fire protection material thickness by analytical process - A simple derivation.* Engineering Structures. Reino Unido, v. 27, n. 14, p. 2036-2043, 2005.

• SPALAOR COMERCIAL LTDA, 2004. *Spalaor.* http://www.spalaor.com.br. 11/maio/2007.

• UNDERWRITERS LABORATORY. *Directory. Fire Resistance.* Illinois: 2002

• VARGAS, M. R.; SILVA, V. P. *Resistência ao fogo das estruturas de aço. Manual da construção em aço.* CBCA - Centro Brasileiro da Construção em Aço. Rio de Janeiro: 2003.

• WHITE, R.H. *Charring rates of different wood species.* Thesis for degree of PhD. University of Wisconsin-Madison, EUA: 1988.

• WICKSTRÖM, U. *Application of the standard fire curve for expressing natural fires for design proposes. Fire Safety Science and Engineering.* ASTM STP 882. p 145-159. Philadelphia: 1985.

XI
COMPARTIMENTAÇÃO E AFASTAMENTO ENTRE EDIFICAÇÕES

Ten Cel Res PM Jovelli Marcatti
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Maj PM Hamilton da Silva Coelho Filho
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Maj PM Jolan Eduardo Berquó Filho
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Introdução

A proteção passiva contra incêndio é constituída por meios de proteção incorporados à edificação e que não requer nenhum tipo de acionamento para o seu funcionamento em situação de incêndio. Esses meios de proteção atendem às necessidades dos usuários em situação normal de funcionamento do edifício, porém em situação de incêndio têm um comportamento especial que retarda o crescimento do incêndio, impede uma grande emissão de fumaça ou permite uma saída segura para os ocupantes do prédio, entre tantas outras finalidades. São exemplos de proteção passiva o controle de materiais de acabamento e revestimento, proteção das rotas de fuga, compartimentação e isolamento de risco.

O papel da compartimentação é impedir o crescimento do incêndio em uma edificação por meio de barreiras resistentes ao fogo, aumentando a segurança nas ações de abandono do prédio pelos ocupantes e combate a incêndio (Figura 1)

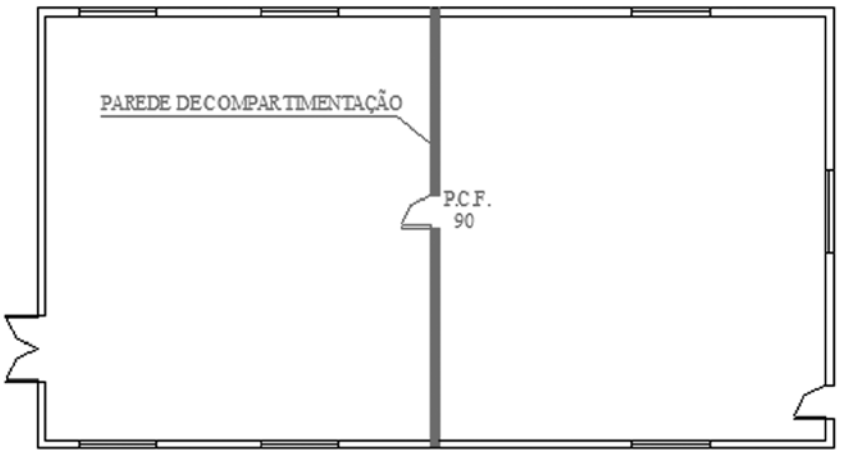


FIGURA 1: Esquema básico de compartimentação

O isolamento de risco tem como objetivo impedir que o incêndio de uma edificação seja propagado para uma edificação vizinha, e por isso exige medidas urbanísticas (distância mínima de separação entre edificações), medidas arquitetônicas (dimensões e formas de espaços fechados, terraços e sacadas) e projeto estrutural diferenciado (COSTA, ONO & SILVA (2006)), de forma a considerar duas áreas contíguas isoladas em caso de incêndio.

A compartimentação e isolamento de risco exigem projetos elaborados adequadamente, especificando-se produtos e técnicas construtivas definidos em normas pertinentes.

2. Definições

2.1. COMPARTIMENTAÇÃO

Técnica que consiste na interposição de elementos de construção resistentes ao fogo (paredes resistentes ao fogo, portas, selos e dampers corta-fogo), destinadas a separar um ou mais locais do restante da edificação, de forma e evitar ou minimizar a propagação do fogo, calor e gases aquecidos, interna ou externamente ao edifício, no mesmo pavimento ou para pavimentos elevados consecutivos ou não.

2.2. COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL

É uma medida de proteção passiva constituída por elementos de construção (barreiras) resistentes ao fogo, separando ambientes de tal modo que o incêndio fique confinado no local de origem e evite sua propagação no plano horizontal.

2.3. COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL

É uma medida de proteção passiva constituída de elementos construtivos resistentes ao fogo, separando pavimentos consecutivos, de tal modo que o incêndio fique contido no local de origem e dificulte a sua propagação para outros pavimentos.

2.4. AFASTAMENTO ENTRE EDIFICAÇÕES (ISOLAMENTO DE RISCO)

Controle do risco de propagação do incêndio por radiação do calor, convecção de gases aquecidos e transmissão de chamas, de forma a impedir que o incêndio proveniente de uma edificação (edificação expositora) não se propague para outra (edificação em exposição).

3. Compartimentação

O alastramento do incêndio em uma edificação pode ser restrito se for subdividido em compartimentos, separados entre si por paredes e/ou pisos de construção resistentes ao fogo.

O objetivo da compartimentação é prevenir ou minimizar a propagação rápida do fogo, que pode dificultar ou impedir a saída dos ocupantes de um prédio, além de reduzir a chance de o fogo se tornar maior. Grandes incêndios são mais perigosos não apenas para os ocupantes do edifício, mas também para a brigada contra incêndio, para o corpo de bombeiros e para a vizinhança. A compartimentação deve ser estudada de forma criteriosa, complementando os demais sistemas de proteção contra incêndio da edificação.

De acordo com MALHOTRA (1993), os compartimentos são divisões internas horizontais, verticais, ou uma combinação de ambas, de uma edificação de grande porte, com o propósito de limitar a propagação de incêndio por toda a edificação. As divisões internas podem ser requeridas para permitir a desocupação de edifícios de múltiplos andares, assegurando, a *priori*, a rápida desocupação dos pavimentos adjacentes, quer acima ou abaixo das áreas diretamente afetadas (MALHOTRA (1993) *apud* PURKISS (1996)).

MALHOTRA (1993) complementa o propósito da compartimentação, acrescendo a função de separar diferentes riscos e diferentes ocupações, por exemplo, compartimentação do incêndio entre edifícios e entre ocupações num mesmo edifício sem, no entanto, assinalar as implicações de cada uma dessas duas situações. Contudo, ele classifica a compartimentação em dois tipos: a compartimentação essencial e a compartimentação referente ao controle das dimensões do incêndio. A primeira assegura que áreas específicas estão sempre isoladas, de tal modo que o incêndio é incapaz de se alastrar para as áreas adjacentes; a separação de rotas de fuga, poços (*shafts*) de serviços, escadas enclausuradas, dutos de ventilação e forros, são exemplos de locais que requerem a compartimentação essencial. A segunda limita o sinistro para reduzir o risco dos usuários e facilitar as ações de combate ao fogo.

O nível de compartimentação está relacionado à utilização do edifício e do seu porte, incluindo sua altura; por

exemplo, um edifício de pequeno porte pode ser considerado como um único compartimento (MALHOTRA (1993).

O *"Fire Protection Handbook"* (1996) acrescenta que os estudos destinados a definir a compartimentação deve levar em consideração a severidade do incêndio, a carga de incêndio do edifício, os efeitos da ventilação e a forma como o incêndio pode propagar-se.

A severidade do incêndio ao qual uma barreira pode ser exposta está relacionada à intensidade de um incêndio completamente desenvolvido no espaço adjacente à barreira resistente ao fogo. O fenômeno no qual todos os materiais combustíveis de um ambiente estão em processo de queima é conhecido por *flashover*.

O *flashover* ocorre em locais fechados, se a temperatura da camada superior dos gases alcançar aproximadamente 600ºC. Testes de incêndio e análise de equilíbrio de energia em ambientes incendiados mostraram que a temperatura dessa camada superior de gases depende do calor liberado pela queima, ventilação do local, e da carga de incêndio.

A intensidade e a duração de um incêndio totalmente desenvolvido dependem da quantidade de combustíveis disponíveis, sua taxa de queima e do ar (comburente) disponível para combustão, e pode ser expressa em um gráfico denominado curva tempo-temperatura-padrão.

A curva tempo-temperatura-padrão foi adotada pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM) em 1918 e tem sido a base de todos os testes de resistência de materiais ao fogo desde então. As paredes de compartimentação (barreiras de resistência ao fogo) são avaliadas em um forno de teste por meio da exposição de um incêndio cuja severidade segue uma curva de temperatura que varia em função do tempo, conhecida como curva do incêndio-padrão. Foram feitos diversos estudos comparando incêndios reais e a curva do incêndio-padrão.

Carga de incêndio é a medida do calor máximo que seria liberado se todos os combustíveis em determinada área queimassem. A máxima liberação de calor é produto do peso de cada combustível multiplicado pelo seu potencial calorífico. Em um edifício típico, a carga de incêndio inclui mobiliário, acabamento interno, acabamento do piso e elementos estruturais. A carga de incêndio é comumente expressa em termos da carga de incêndio específica, que é o peso de combustível equivalente dividido pela área do piso do compartimento em metros quadrados, conforme a seguinte fórmula:

$$q_{fi} = \frac{\sum M_i H_i}{A}$$

onde:

qfi = valor da carga de incêndio específica, em megajoule por metro quadrado de área de piso.

Mi = massa total de cada componente i do material combustível, em quilograma. Esse valor não poderá ser excedido durante a vida útil da edificação exceto quando houver alteração de ocupação, ocasião em que Mi deverá ser reavaliado.

Hi = potencial calorífico específico de cada componente i do material combustível, em megajoule por quilograma.

Af = área do piso do compartimento, em metro quadrado.

A intensidade de um incêndio depende, entre outros fatores, da taxa de ventilação, relacionada à quantidade e geometria das aberturas do edifício A intensidade máxima do incêndio ocorre quando a taxa de ventilação é suficiente para manter a queima dos gases liberados pelo aquecimento do combustível. A ventilação pode aumentar, por exemplo, quando houver destruição das janelas e portas de um edifício em chamas.

FIGURA 2: Ausência de compartimentação vertical

O modo comum de propagação do fogo em um edifício é por meio de portas abertas, escadarias e *shafts* não fechados, aberturas não protegidas e espaços confinados que abrigam materiais combustíveis. Quando a compartimentação for adequadamente projetada, construída e mantida e tiver aberturas protegidas, ela deverá ser capaz de conter incêndios de severidade máxima em qualquer tipo de ocupação. Entretanto, nenhuma compartimentação poderá minimizar ou conter a propagação de forma confiável se não for adequadamente construída e mantida, e se as aberturas não forem protegidas (Figura 2).

A NFPA (1997) classifica as falhas de compartimentação em três categorias:

• falhas precoces, resultantes de falhas operacionais. Por exemplo: má conservação de portas corta-fogo, etc.

• falhas aleatórias, resultantes de falha dos materiais de construção dos vedos, ocorrência de um incêndio com severidade imprevista, etc..

• falhas decorrentes da degradação do material.

A função da compartimentação é comprometida na presença de qualquer tipo de abertura desprotegida, tornando ineficazes os objetivos de separação dos ambientes vizinhos com elevado risco de incêndio e redução dos riscos de vida dos ocupantes de áreas circunvizinhas ao local do início do incêndio. Daí surgem duas características da compartimentação: isolamento do fogo e estanqueidade à fumaça.

A compartimentação assegura a confiabilidade do dimensionamento das estruturas de concreto em situação de incêndio, visto que os cálculos utilizados têm a premissa do incêndio ser compartimentado, não propagando além do compartimento de origem (COSTA 2002). Logo, o compartimento apresenta uma característica técnica de "corta-fogo". Há também métodos de determinação da ação térmica do incêndio que variam com a área compartimentada em função das conseqüências do incêndio.

A resistência ao fogo dos elementos de compartimentação é avaliada pela integridade física que os elementos de vedação horizontal e vertical (que definem o espaço compartimentado) devem manter durante um tempo preestabelecido, para assegurar a fuga dos usuários do edifício e a entrada das equipes de brigada ou do corpo de bombeiros em segurança. Os elementos secundários e equipamentos também participam da compartimentação para impedir a entrada ou saída de fumaça e gases quentes do incêndio para compartimentos adjacentes e, portanto, devem atender às mesmas exigências impostas aos elementos de vedação. A determinação da resistência ao fogo requerida pelos elementos de compartimentação depende do propósito e da severidade do incêndio para o qual ela será exposta.

No Brasil, a severidade do incêndio está diretamente relacionada ao uso e ao tamanho da edificação, de acordo com a NBR 14.432:2000 – Exigências de Resistência ao Fogo de Elementos Construtivos da Edificação.

3.1. COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL

A compartimentação horizontal destina-se a confinar o incêndio no pavimento atingido e evitar a sua propagação, criando também num mesmo pavimento locais menores nos quais o fogo possa ser isolado e confinado, evitando a sua propagação no sentido horizontal. Espaços horizontais pequenos, tais como forros e pisos falsos, podem propagar o incêndio entre compartimentos do mesmo pavimento sem que seja identificados.

As separações verticais que caracterizam a compartimentação horizontal são:

• paredes de compartimentação de áreas.

• portas e vedadores corta-fogo nas paredes de compartimentação.

• selagem corta-fogo nas passagens das instalações prediais existentes nas paredes de compartimentação.

• registros ou damper corta-fogo nas tubulações de ventilação e ar-condicionado.

• portas corta-fogo de acesso a unidades autônomas.

A compartimentação horizontal dever ser compatível com as prescrições das normas técnicas locais (Figura 3).

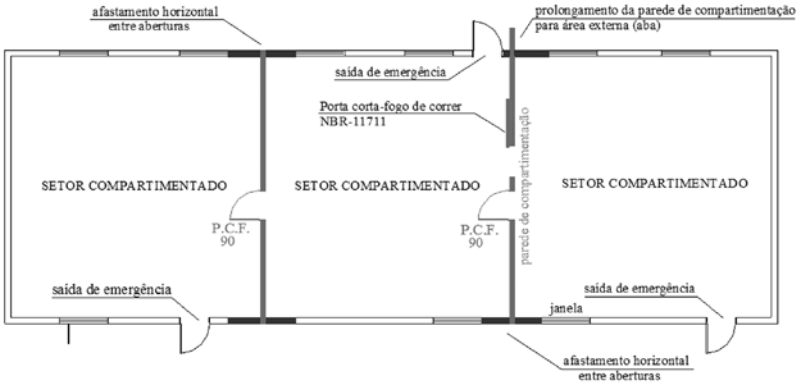


FIGURA 3: Detalhes construtivos da compartimentação horizontal

3.2. COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL

Para ROSSO (1975), a compartimentação vertical destina-se a confinar o incêndio no pavimento atingido e evitar a sua propagação em sentido vertical para o pavimento sucessivo. Na compartimentação vertical essa função já é desempenhada pelas lajes de concreto armado e outros elementos com resistência compatível ao fogo, porém é necessário assegurar a estanqueidade, de forma que todos os vãos abertos e instalações que atravessam os vedos (*shafts*, dutos, eletrodutos, etc.) sejam protegidos por materiais resistentes ao fogo.

A compartimentação vertical é obtida internamente pelos elementos horizontais de compartimentação:

- entrepisos corta-fogo.
- enclausuramento de escadas por meio de parede corta-fogo de compartimentação.
- enclausuramento de elevadores e monta-carga.
- poços para outras finalidades por meio de porta pára-chama.
- selos corta-fogo.
- registros corta-fogo (dampers).
- vedadores corta-fogo.
- elementos construtivos corta-fogo/pára-chama de separação vertical entre pavimentos consecutivos.

Externamente, a compartimentação vertical é feita por selagem perimetral corta-fogo: elemento resistente ao fogo implementando uma barreira com altura mínima de 1,20 m nas janelas (Figura 4) ou aba horizontal no prolongamento do piso, externa ao edifício, com dimensão mínima de 0,90 m (Figura 5).

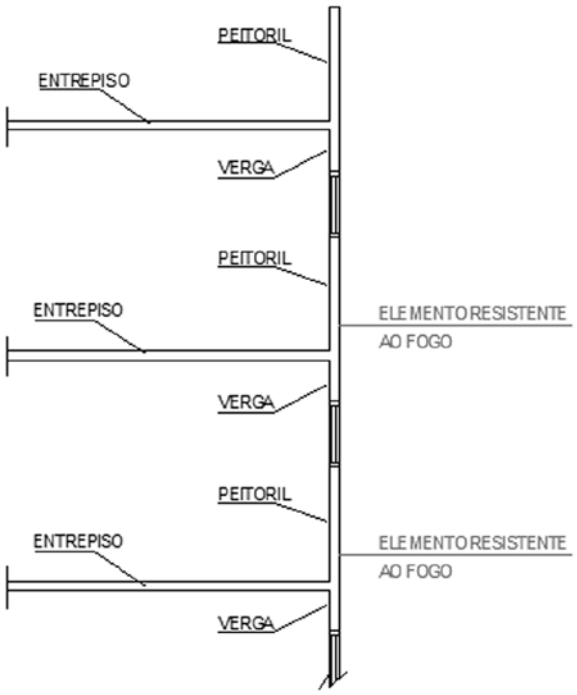


FIGURA 4: Modelo de compartimentação vertical externa

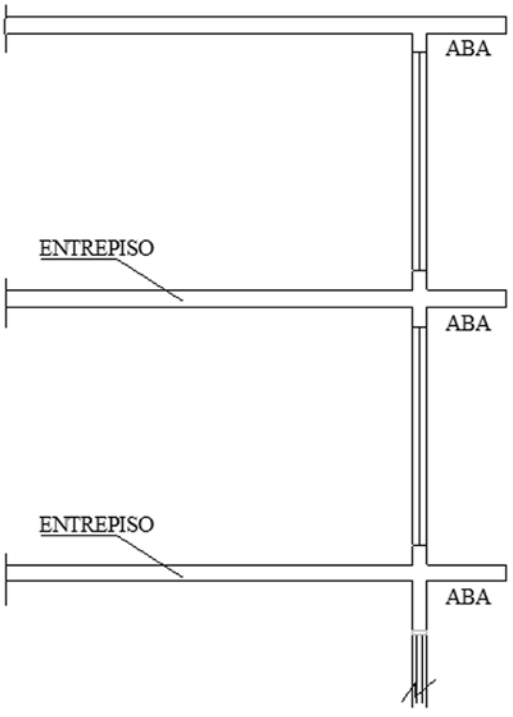


FIGURA 5: Modelo de compartimentação externa por aba

3.3. NORMAS E EXIGÊNCIAS INTERNACIONAIS

Os níveis de segurança absoluta variam de um para outro país; conseqüentemente, há uma multiplicidade de códigos e regulamentos usados para garantir a segurança contra incêndio das edificações. Cada país possui regulamentos ou "instruções técnicas" mais específicas, tendo por base as tradições e níveis de estimativa de segurança locais, aludindo a métodos de ensaio nacional ou internacional.

3.3.1. FRANÇA

Para assegurar a compartimentação de um ambiente com aberturas externas, o artigo CO 21 – *Résistance à la propagation verticale du feu par les façades comportant des baies* permite combinar as dimensões de parapeitos e marquises, por meio de uma equação.

3.3.2. REINO UNIDO

The Building Regulations 2000 Fire Safety prescreve formas convencionais de compartimentação e formas especiais. Elas podem ser: paredes comuns a dois ou mais edifícios; paredes dividindo edifícios em partes independentes as quais podem ser avaliadas independentemente para o propósito de determinação da resistência ao fogo e paredes separadoras de casas da área de garagem. Nesses casos especiais, é permitida abertura desde que protegida adequadamente.

3.3.3. ESTADOS UNIDOS (NFPA)

O **Fire Protection Handbook** (1995), editado pela *National Fire Protection Association*, leva em consideração uma série de características da edificação (tipo de construção, ocupação, área, altura, carga de incêndio e outros itens) para exigir espaços compartimentados. Leva também em consideração a existência de chuveiros automáticos e proteção de aberturas, porém oferece ao projetista a possibilidade de elaborar o projeto utilizando ferramentas baseadas em desempenho.

3.4. REGULAMENTOS NACIONAIS

Em razão da Portaria Nº 04/2005 da Secretaria Nacional de Segurança Pública - SENASP está em desenvolvimento a elaboração de um Código Nacional de Segurança Contra Incêndio pelo Grupo de Trabalho de Segurança Contra Incêndio e Pânico.

Atualmente, as exigências contra incêndio são feitas por meio de códigos e regulamentos estaduais. Os códigos de obras e edificações municipais regulam o uso e ocupação do solo, interagindo direta ou indiretamente com a proteção passiva contra incêndio.

3.4.1. REGULAMENTOS ESTADUAIS

Como exemplo, podemos sitar o Regulamento de Segurança contra Incêndio em Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, instituído pelo Decreto Estadual nº 46.076/01, e a IT 09 – "Compartimentação Horizontal e Compartimentação Vertical" que estabelece os parâmetros de construção da compartimentação horizontal e compartimentação vertical, e a área máxima de compartimentação limitada em função do tipo de ocupação e da altura da edificação. O anexo B apresenta a Tabela de Área Máxima de Compartimentação em metro quadrado.

Cada Estado da federação possui sua regulamentação própria com grau de exigência que varia em função da política de segurança contra incêndio local.

3.5. ÁREA MÁXIMA DE COMPARTIMENTAÇÃO

Cada código ou norma estabelece um limite para a subdivisão interna da edificação, que varia em função dos objetivos da compartimentação. O grau adequado de subdivisão leva em consideração os seguintes fatores:

a) O uso do prédio e carga-incêndio, que afetam diretamente a severidade do incêndio, bem como a facilidade de abandono do prédio.

b) A altura da edificação (piso mais elevado com utilização permanente por pessoas), que é uma indicação da facilidade ou dificuldade nas ações de abandono do prédio e intervenção das equipes de socorro.

c) A existência de sistema de chuveiros automáticos, que afeta o crescimento do fogo, podendo até extingui-lo.

Na maioria dos regulamentos nacionais, a área máxima admissível de compartimentação pode variar de oitocentos metros quadrados (situações mais restritivas) a dez mil metros quadrados (situações mais brandas). Porém, para alguns casos, por exemplo, edifícios habitacionais, escolares/educacionais, garagens e depósitos de materiais incombustíveis, não é determinada uma área máxima a ser compartimentada.

3.6. DETALHES CONSTRUTIVOS

O projeto de áreas compartimentadas deve ser elaborado de forma bastante criteriosa, pois envolve diversos detalhes construtivos, seleção apurada dos materiais que serão utilizados na construção das paredes de compartimentação (pois implicará a espessura, característica diretamente relacionada à resistência ao fogo), e outros fatores.

3.6.1. COMPARTIMENTAÇÃO HORIZONTAL

Uma característica importante da parede de compartimentação é sua estrutura, que deverá ser construída entre o piso e o teto, e vinculada à estrutura do edifício, com reforços estruturais adequados, para conferir-lhe resistência mecânica. Sua parte superior deverá ultrapassar a linha de cobertura da edificação (telhado) sempre que a estrutura da cobertura for constituída por materiais combustíveis. Devem ainda impedir o colapso de suas estruturas em situação de queda da cobertura, evitando a propagação do fogo para a área compartimentada não atingida.

As aberturas (janelas, portas, etc.) existentes na mesma fachada, em lados opostos da parede de compartimentação, devem ser afastadas entre si por um trecho de parede que não permita a passagem do incêndio para a área não atingida. Esse afastamento pode ser substituído pelo prolongamento da parede de compartimentação para área externa à edificação.

A parede de compartimentação deve ser construída por materiais que possuam tempo de resistência ao fogo estabelecido pela NBR 10.636. Especial atenção deve ser dada à resistência ao fogo da estrutura, compatível à resistência dos fechamentos.

Deverão ser utilizados os critérios de afastamento de risco nas situações em que existirem aberturas situadas em fachadas paralelas ou ortogonais, pertencentes à área de compartimentação horizontal adjacente do edifício, de forma a evitar a propagação do incêndio por radiação térmica. Esse afastamento poderá ser substituído por proteção nas aberturas, constituída por portas ou vedadores corta-fogo.

O projeto da compartimentação deve levar em consideração as exigências para rotas de fuga e saídas de emergência, em cada área compartimentada.

3.6.2. COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL INTERNA

Para assegurar-se que o fogo não será propagado verticalmente pelo interior da edificação, todas as aberturas existentes entre os pisos deverão ser adequadamente protegidas. Para isso, deverão ser utilizados vedadores corta-fogo construídos e instalados de acordo com a NBR 11.711 – Portas e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de riscos em ambientes comerciais e industriais.

Escadas e poços de elevadores ou monta-cargas deverão possuir suas paredes envoltórias construídas em material resistente ao fogo, e as aberturas para ingresso ou saída protegidas por portas corta-fogo. Suas estruturas devem ser dimensionadas para situação de incêndio, e devem ser devidamente vinculadas à estrutura do edifício.

Todos os dutos de ventilação, exaustão de gases e ar-condicionados que atravessarem paredes ou outros elementos de compartimentação devem possuir registros corta-fogo ancorados à laje, além de selagem externa (Figura 6).

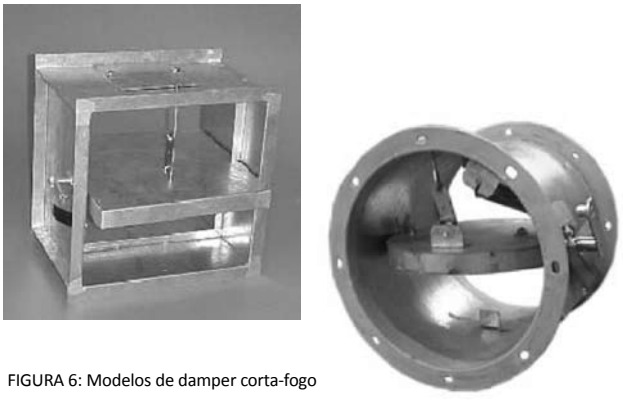


FIGURA 6: Modelos de damper corta-fogo

As aberturas utilizadas para passagem de tubulação de água, eletricidade, telefonia, ou outros serviços deverão ser protegidas por selos corta-fogo, vedando os espaços entre tubulações e lajes no nível do piso (Figura 7).

Átrios são grandes espaços internos a edificação e que interferem na compartimentação horizontal e vertical. Sua proteção deve ser feita de forma que cada átrio faça parte exclusivamente de uma única prumada de área compartimentada horizontalmente, em todos os pavimentos servidos em seu perímetro interno ou no perímetro da área de circulação que o rodeia em cada pavimento. A exigência de compartimentação para átrios pode ser substituída pelos sistemas de proteção por chuveiros automáticos, controle de fumaça, detecção de incêndios, etc..

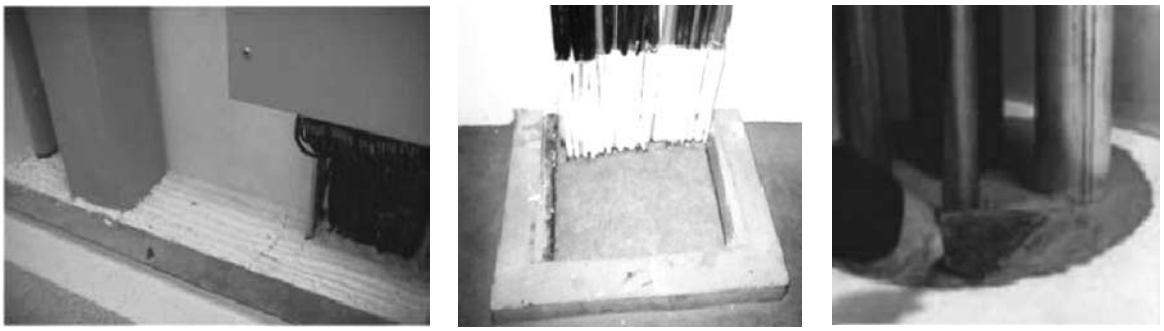


FIGURA 7: Exemplos de selagem das aberturas dos shafts

3.6.3. COMPARTIMENTAÇÃO VERTICAL EXTERNA

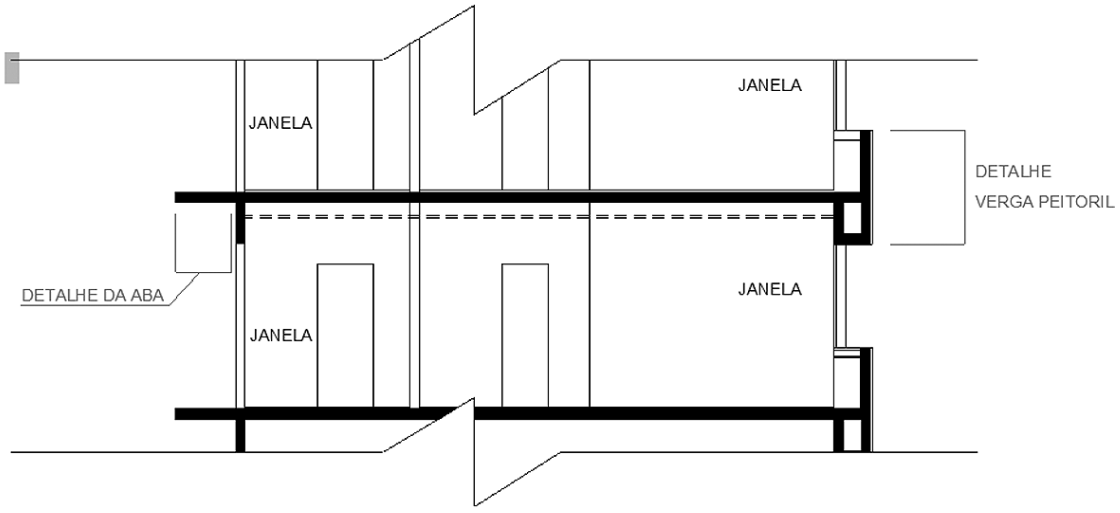


FIGURA 8: Esquema de compartimentação vertical externa

Na fachada do edifício, deverá haver uma distância mínima entre verga e peitoril, construída por materiais resistentes ao fogo, de forma a impedir a propagação do incêndio para os pavimentos superiores. Em razão do projeto arquitetônico, esse elemento vertical entre as janelas poderá ser substituído pelo prolongamento da laje dos pisos, constituindo uma aba que impede a propagação vertical do fogo (Figura 8).

Nas situações em que toda a fachada do edifício possuir acabamento em vidro (“pele de vidro”), devem ser observadas as exigências para instalação de elementos resistentes ao fogo na parte interna da fachada (Figura 9).

FIGURA 9: Proteção do espaço entre a estrutura da edificação e a pele de vidro

4. Afastamento entre edificações (isolamento de risco)

O incêndio em uma edificação pode se propagar para outra edificação por convecção (massas de gases aquecidos e fumaça), por fagulhas levadas pelo vento e principalmente por radiação, que é a forma de transmissão de calor por ondas eletromagnéticas (luz). Na prática, uma fagulha ou chama pode constituir uma fonte de ignição com temperatura suficiente para iniciar a queima de gases ou outros combustíveis. Esse mecanismo difere da ignição espontânea provocada por radiação, na qual não há fonte de ignição próxima com temperatura suficiente, e para a qual são necessárias intensidades mais altas de radiação.

A edificação em chamas, responsável pela emissão de gases quentes, fagulhas e ondas eletromagnéticas é denominada edificação expositora, e a edificação que recebe os efeitos do calor por radiação, movimentação de fumaça e gases quentes ou por qualquer outra forma é denominada edificação em exposição (Figura 10).

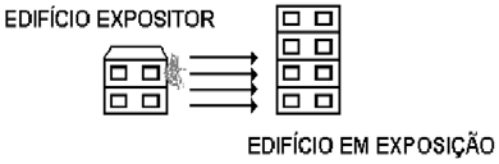


FIGURA 10: Exposição entre edificações

A transferência de calor por convecção pode ser desconsiderada quando as aberturas na fachada da edificação expositora (painel irradiante) possuírem dimensões suficientes para permitirem a transmissão de calor por radiação para outra edificação adjacente, pois esse fenômeno ocorre a distâncias substancialmente maiores do que aquelas nas quais a transmissão de calor é feita por transmissão direta de chama ou por convecção.

A distância mínima de segurança entre edificações é baseada em estudos nos quais materiais combustíveis podem inflamar-se quando submetidos a uma energia térmica de 12,5 kW/m². Esse princípio foi abordado em detalhes no *"Fire and the Spatial Separation of Buildings"* (McGuire, 1966).

As conclusões mais importantes foram que os níveis de radiação estavam relacionados às porcentagens de aberturas nas paredes do edifício, e que os materiais combustíveis presentes no interior do edifício (mobiliário, equipamentos, produtos armazenados, divisórias, materiais de acabamento e revestimento) produzem altos níveis de radiação fora do edifício.

A implementação de distância segura entre edificações, de forma a impedir a propagação do incêndio da edificação expositora para outra edificação é uma opção do projetista, para considerá-las distintas e dimensionar a proteção contra incêndio para cada edificação de forma independente, de acordo com as características de cada uma. Caso as edificações não atendam aos critérios de afastamento, as edificações deverão ser consideradas uma única (com as áreas somadas) para o dimensionamento da proteção contra incêndio.

Em razão de disposições constitucionais e das exigências dos Códigos de Obras e Edificações adotados pelos municípios, os critérios de afastamento entre edificações no Brasil, para edificações localizadas em propriedades distintas, são recomendados.

4.1. ISOLAMENTO DE RISCO POR AFASTAMENTO ENTRE EDIFICAÇÕES

O isolamento de risco implementado por afastamento entre edificações pode ser obtido por distâncias seguras entre fachadas (caso mais comum) ou entre a cobertura de uma edificação de menor altura e a fachada de uma edificação adjacente. Essa distância segura está diretamente relacionada ao nível de radiação proveniente da edificação expositora, fator que depende da severidade do incêndio, da área de aberturas da fachada e da resistência dos vedos (paredes).

A severidade do incêndio está associada ao tamanho do compartimento incendiado e à carga de incêndio da edificação.

O cálculo utiliza um fator "α" selecionado de acordo com critérios que levam em consideração a carga de incêndio, porcentagem de aberturas da fachada da edificação expositora e relação altura x comprimento da fachada, conforme a seguinte fórmula:

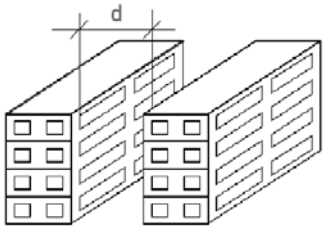
$$\mathbf{d} = \alpha \times (\text{largura ou altura}) + \beta$$

onde:

d = distância mínima de segurança

α = coeficiente obtido em função da relação da porcentagem de aberturas e da classificação de severidade (carga de incêndio)

β = coeficiente de segurança que assume valores de acordo com a existência ou não de corpo de bombeiros no município.



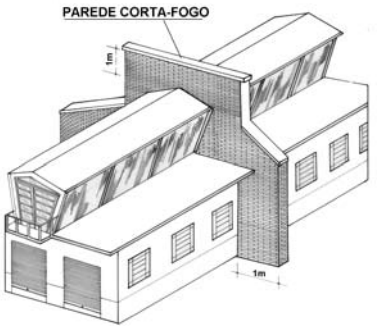
4.2. ISOLAMENTO DE RISCO POR PAREDE CORTA-FOGO

O afastamento entre as edificações pode ser substituído por uma parede corta-fogo construída de acordo com as normas técnicas, que possua como características principais a resistência ao fogo, resistência mecânica, isolamento térmico e estanqueidade, sem qualquer tipo de abertura, mesmo que protegida.

A resistência ao fogo é obtida em função do material empregado e de acordo com ensaios em laboratórios técnicos. Deve possuir resistência mecânica suficiente para suportar, sem grandes danos, impactos de cargas ou equipamentos normais em trabalho, bem como resistir ao colapso da estrutura do telhado em caso de sinistro.

A propriedade de isolamento térmico deve conferir à parede corta-fogo a possibilidade de resistir à transmissão de calor, impedindo que a temperatura na face não exposta ao fogo supere determinados limites. A estanqueidade impede a passagem de chamas e/ou gases quentes, por um período de tempo determinado.

Sua estrutura deve ser desvinculada da estrutura das edificações adjacentes, e sua parte superior deve projetar-se acima dos telhados, de forma a impedir a propagação do fogo para a área não sinistrada.



De acordo com a NFPA, paredes corta-fogo são paredes internas que separam o incêndio entre áreas do mesmo edifício. Elas devem ser projetadas para manter a integridade estrutural mesmo em caso de completo colapso da estrutura em cada um dos lados da parede corta-fogo. Elas são construídas em concreto reforçado, blocos de concreto, concreto protendido ou tijolo. Paredes de concreto ou alvenaria geralmente requerem algum tipo de reforço de aço para suportar efeitos de dilatação. Deve haver uma espessura de revestimento adequada de concreto sobre a armadura de aço. Isso é particularmente importante no caso de paredes de concreto protendido. Elas devem ser também suportadas por colunas e outros elementos estruturais, caso tenham altura ou comprimento considerável.

4.3. ISOLAMENTO DE RISCO EM INSTALAÇÕES

É possível isolar-se riscos em instalações da mesma forma que em edificações, seja por distâncias seguras, de forma que o fogo não possa propagar-se, seja por paredes corta-fogo, tornando as instalações separadas. Porém algumas diferenças devem ser levadas em consideração.

A primeira delas é que todas as instalações de produção, armazenamento e distribuição de líquidos ou gases combustíveis ou inflamáveis devem possuir determinadas distâncias de edificações, vias de circulação (públicas ou internas à edificação), transformadores ou outros equipamentos elétricos, etc.. Nesse caso, o isolamento de risco é compulsório, e não uma opção ao projetista. Outra diferença importante é que nos casos possíveis de haver substituição da distância por paredes corta-fogo, esses elementos devem possuir tempo de resistência ao fogo superior àqueles utilizados para isolamento em edificações, sendo, portanto mais robustos.

4.4. NORMAS E REGULAMENTOS

4.4.1. IRB – INSTITUTO DE RESSEGUROS DO BRASIL

Possui critérios de afastamento entre edificações e riscos baseados em uma tabela (valores fixos) utilizados nos contratos de seguro contra incêndios. Embora empíricos, esses critérios foram utilizados por vários anos inclusive como base nos regulamentos estaduais.

4.4.2. NFPA 80 A

É uma norma que utiliza cálculos baseados em ensaios para determinação da distância mínima de segurança para que não haja a transmissão de calor suficiente para iniciar o fogo em uma superfície combustível na edificação em exposição.

4.4.3. REGULAMENTOS ESTADUAIS

Todos os modernos regulamentos de segurança contra incêndio no Brasil utilizam os critérios estabelecidos pela NFPA 80 A.

5. Considerações finais

Os objetivos básicos da compartimentação apresentados pela literatura especializada e na legislação em vigor são concordantes entre si: dificultar a propagação do fogo na edificação, proteger as unidades adjacentes e outras propriedades vizinhas do dano, permitir a desocupação dos usuários da edificação em segurança durante um tempo suficiente e, que as ações de combate e salvamento se procedam em segurança, inclusive para proteger a propriedade, além de determinar as exigências de resistência a fogo das estruturas e aplicação dos métodos de verificação existentes (COSTA, ONO & SILVA (2006)). Pode-se acrescentar, ainda, como objetivo da compartimentação, a proteção ao meio ambiente resultante do confinamento do incêndio, pela redução da área sinistrada ou pela quantidade de poluentes lançados na atmosfera.

Inicialmente, as exigências de compartimentação eram efetuadas apenas como um limite de área, afetando o projeto arquitetônico. Atualmente, os regulamentos de proteção contra incêndio permitem a substituição da compartimentação por outros sistemas de proteção, como por exemplo, controle de fumaça ou chuveiros automáticos.

Faz-se necessária a elaboração, pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, de uma norma brasileira sobre compartimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO (CBPMESP). *Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo (Instruções Técnicas – IT's).* Decreto Estadual nº 46076/01. São Paulo: Secretaria de Segurança Pública do Estado de São Paulo: 2004. [1 CD-ROM]

- MALHOTRA, H. L. *Proposed code for Fire Safety in Buildings for the State of Sao Paulo.* Radlett (U.K.): AGNICONSULT: 1993.

- ONO, R. *Arquitetura de Museus e Segurança contra Incêndio.* In: Seminário Internacional NUTAU'2004 – Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade. São Paulo: NUTAU/FAUUSP, 2004. (1 CD-ROM).

- ROSSO, T. *Incêndios e Arquitetura.* São Paulo: FAUUSP, 1975.

- SÃO PAULO (Estado). *Decreto Estadual nº 46.076 de 31 de agosto de 2001. Institui o Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco para os fins da Lei nº 684, de 30 de setembro de 1975 e estabelece outras providências.* Diário Oficial do Estado de São Paulo, Poder Executivo, São Paulo, SP, 01 set. 201. Seção I, p. 111 (166).

- COSTA, Carla Neves; ONO, Rosária; SILVA, Valdir Pignatta. *A importância da compartimentação e suas implicações no dimensionamento das estruturas de concreto em situação de incêndio.* In: 47° CONGRESSO BRASILEIRO DO IBRACON, 2005, Olinda. 47° Congresso Brasileiro do IBRACON - CBC 2005 - CD. Recife: Ibracon, 2005.

- *Fire Protection Handbook.* In: Eighteenth Edition, National Fire Protection Association, 1997.

- *Building Construction and Safety Code.* NFPA 5000. In: 2003 Edition, National Fire Protection Association, NFPA International, 2003.

XII

AS INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL

Hilton Moreno
Engenheiro eletricista, consultor, palestrante, presidente da Associação Nacional de Fabricantes de Produtos Elétricos NEMA Brasil, membro da ABNT/CB-03 e da NFPA, conselheiro da ABEE-SP – hiltonmoreno@uol.com.br - www.nemabrasil.org.br

Luiz Olimpio Costi
Engenheiro eletricista, pós-graduado em administração de empresas, presidente da ABRASIP – Associação Brasileira de Engenharia de Sistemas Prediais, membro da ABNT/CB-03, sócio e diretor técnico da Procion Engenharia - costi@procion.com.br - www.procion.com.br

Paulo E.Q.M. Barreto
Engenheiro eletricista, professor da pós-graduação da Universidade Mackenzie, consultor, palestrante, membro da ABNT/CB-03, diretor da Barreto Engenharia – www.barreto.eng.br

1. Introdução

Considerando que, no Brasil, as estatísticas indicam um percentual bastante significativo das ocorrências dos bombeiros para incêndios de origem elétrica, é de extrema importância que as instalações elétricas de qualquer edificação sejam tratadas com a seriedade e os cuidados que lhes são devidos.

É sabido que, em muitos casos, os sistemas elétricos são tratados como meros "coadjuvantes", ou ainda "instalações complementares" de uma edificação, quando, na verdade, são os sistemas em geral (elétrica, telefonia, dados, hidráulica, ar-condicionado, etc.) que darão "vida" e permitirão a utilização da edificação para o fim a que se destina.

Este capítulo, além de ter como base as prescrições das normas técnicas mais atuais pertinentes sobre os vários aspectos que envolvem uma instalação elétrica, apresenta dados de caráter prático, proporcionando ao leitor uma ampla visão sobre o assunto. Dessa forma, o leitor terá elementos suficientes para prosseguir em estudos específicos, conforme a sua necessidade e interesse, aprofundando seus conhecimentos em temas de suma importância relativos às instalações elétricas e que influenciam sobremaneira a prevenção e a segurança contra incêndios das edificações.

2. Legislação profissional – Sistema CONFEA/CREA

2.1. LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA DA ENGENHARIA

Pelo fato de a segurança contra incêndio envolver atividades técnicas relacionadas ao campo da engenharia, necessário se faz observar a legislação que rege as atividades profissionais correspondentes. É a chamada legislação do sistema CONFEA/CREA.

No Brasil existem profissões regulamentadas e profissões não-regulamentadas. O Estado regulamenta profissões se entender que o seu exercício indiscriminado coloca em risco a sociedade, evitando, assim, que oportunistas e despreparados atuem em áreas nas quais só quem teve a devida formação profissional é considerado apto para colocar o conhecimento científico a serviço da sociedade.

As profissões regulamentadas possuem fiscalização pelo correspondente Conselho Profissional. No caso da área tecnológica (engenheiros, arquitetos, agrônomos, tecnólogos, técnicos, geólogos, geógrafos e meteorologistas) esta fiscalização é feita pelo sistema CONFEA/CREA. Existe um Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) por Estado e no Distrito Federal.

A seguir são citados alguns documentos contendo requisitos que, além do aspecto de ordem legal, proporcionam a devida segurança à sociedade, na medida em que asseguram a participação de profissionais legalmente habilitados na execução de atividades técnicas. Esses documentos se originam no Congresso Nacional (no caso das leis) ou do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CONFEA (no caso das resoluções).

• Lei Federal nº 5.194/66 - Regula o exercício das profissões de engenheiro, arquiteto e engenheiro-agrônomo.

• Lei Federal nº 6.496/77 – Institui a "Anotação de Responsabilidade Técnica" (ART) na prestação de serviços de engenharia, arquitetura e agronomia.

• Resolução do CONFEA nº 218/73 – Discrimina atividades das diferentes modalidades profissionais da engenharia, arquitetura e agronomia.

• Resolução do CONFEA nº 425/98 – Dispõe sobre a Anotação de Responsabilidade Técnica (ART).

• Resolução do CONFEA nº 1002/02 - Adota o Código de Ética Profissional.

Desses documentos, podem ser extraídas algumas informações de ordem prática, aplicáveis ao desenvolvimento de atividades na segurança contra incêndios. Por exemplo:

• Projetos, execuções e vistorias devem ser realizados sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado (Art. 7º da Lei Federal nº 5.194/66).

• Devem ser colocadas "Placas de Obra" nos locais nos quais se realizam serviços técnicos (obras, instalações, serviços, etc.), contendo nome do autor do projeto e dos responsáveis pela execução dos trabalhos (Art. 16 da Lei Federal nº 5.194/66).

• Exerce ilegalmente a profissão de engenheiro, arquiteto ou engenheiro-agrônomo, a pessoa física ou jurídica que realizar atos ou prestar serviços, públicos ou privados, reservados aos profissionais de que trata esta lei e que não possua registro nos conselhos regionais (Alínea "a" do Art. 6º da Lei Federal nº 5.194/66).

• Os estudos, plantas, projetos, laudos e qualquer outro trabalho de engenharia, de arquitetura e de agronomia, quer público, quer particular, somente poderão ser submetidos ao julgamento das autoridades competentes e só terão valor jurídico quando seus autores forem profissionais habilitados de acordo com essa Lei (Art. 13 da Lei Federal nº 5.194/66).

• Nenhuma obra ou serviço poderá ter início sem a competente Anotação de Responsabilidade Técnica - ART (Art. 3º da Resolução do CONFEA nº 425/98).

• No exercício da profissão, é dever do profissional desempenhar sua profissão ou função nos limites de suas atribuições e de sua capacidade pessoal de realização (Alínea "d" inciso II do Art. 9º da Resolução CONFEA nº 1002/02).

2.2. QUALIFICAÇÃO, HABILITAÇÃO E ATRIBUIÇÃO

No desenvolvimento de atividades da área tecnológica é importante conhecer e aplicar de forma correta os termos qualificação, habilitação e atribuição profissional. Não apenas para uma adequada comunicação, mas também para a verificação da legalidade dos trabalhos a serem desenvolvidos.

A qualificação profissional ocorre no sistema oficial de ensino, nos cursos técnicos de 2º grau, superior de tecnologia e superior pleno. O profissional diplomado é considerado qualificado (no âmbito da sua formação). No entanto, ainda não poderá exercer atividades profissionais enquanto não se registrar no correspondente CREA. Diz-se também que o profissional está devidamente qualificado quando possui conhecimento suficiente sobre o trabalho a ser realizado, não apenas pela formação profissional do curso de graduação, mas também pela sua experiência, por cursos e estudos realizados posteriormente.

De posse do registro no CREA o profissional é considerado legalmente habilitado, podendo exercer dessa forma as atividades previstas na legislação profissional, desde que considerado em dia com as suas obrigações perante o CREA.

Por outro lado, mesmo com o competente registro efetuado, o profissional ainda precisa observar quais são as limitações impostas pela legislação profissional para o exercício de atividades na área tecnológica, em função da sua formação escolar e do título profissional. São as atribuições profissionais, ou seja, o que um determinado profissional pode e não pode fazer, uma vez que existem restrições de atividades para o técnico de 2º grau e para o tecnólogo, bem como restrições de campo de atuação para os profissionais das diversas áreas (elétrica, mecânica, civil, arquitetura, etc.).

Oportuno ainda salientar que a legislação trata do “poder fazer”, que é bem diferente do “saber fazer” - que fica por conta de cada profissional decidir se está apto ou não para a realização de determinada atividade técnica.

3. Visão geral sobre a ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão

A primeira norma brasileira de instalações elétricas de baixa tensão foi publicada em 1941, tendo sido revisada pelas edições de 1960, 1980, 1990, 1997, até chegar à publicação em vigor que é de 2004.

A norma brasileira ABNT NBR 5410:2004 estabelece as condições mínimas a que devem satisfazer as instalações elétricas de baixa tensão, a fim de que sejam garantidas a segurança das pessoas e a preservação do patrimônio. No caso das pessoas, deseja-se evitar as conseqüências danosas de choques elétricos e queimaduras, enquanto que, em relação ao patrimônio, pretende-se evitar incêndios e seus resultados devastadores.

A norma ABNT NBR 5410:2004 aplica-se às instalações elétricas de edificações residenciais, comerciais, públicas, industriais, de serviços, agropecuárias, pré-fabricadas, áreas descobertas externas às edificações, trailers, campings, marinas, canteiros de obras, feiras, exposições e instalações temporárias em geral. Não se aplica a instalações de tração elétrica, de veículos automotores, embarcações, aeronaves, iluminação pública, redes públicas de energia elétrica, minas e cercas eletrificadas.

A norma ABNT NBR 5410:2004 aplica-se às instalações novas e às reformas, abrangendo circuitos elétricos alimentados sob tensão nominal igual ou inferior a 1.000 V em corrente alternada com freqüências inferiores a 400 Hz, ou a 1500 V em corrente contínua.

Os princípios fundamentais que orientam a norma são aqueles relativos à proteção contra choques elétricos, contra efeitos térmicos (incêndio e queimaduras), contra sobrecorrentes (sobrecargas e curtos-circuitos) e contra sobretensões.

4. Influências externas

4.1. FINALIDADE

A primeira providência que se deve tomar quando da elaboração de um projeto de instalações elétricas, antes mesmo da marcação dos pontos de utilização, é efetuar a classificação das influências externas dos diversos locais existentes no empreendimento, conforme estabelecido na norma ABNT NBR 5410.

Essa classificação permitirá ao projetista identificar os locais que deverão receber maior atenção durante a elaboração do projeto (marcação de pontos, colocação de linhas elétricas e equipamentos) e a correspondente especificação técnica dos componentes da instalação. Sem essa classificação, poderá ocorrer sério comprometimento na segurança das instalações e dos usuários.

Salienta-se que “influências externas” não deve ser entendida como sendo alguma influência do meio ambiente exterior apenas, mas, sim, do meio no qual estão inseridos a instalação, seus componentes e equipamentos.

4.2. APLICAÇÃO

Como exemplo de aplicação dessa classificação, pertinente à segurança contra incêndio, tem-se a condição de influência externa classificada como “Natureza dos materiais processados ou armazenados (BE)”, subdividida em:

BE1: riscos desprezíveis – são os locais considerados normais, sem nenhum risco aparente.

BE2: riscos de incêndio – locais que contêm substâncias combustíveis, como fibras e líquidos com alto ponto de fulgor.

BE3: riscos de explosão – locais com presença de substâncias inflamáveis, como líquidos com baixo ponto de fulgor, gases e vapores, pós-combustíveis sujeitos a explosão e substâncias explosivas.

BE4: riscos de contaminação – locais com presença de alimentos, produtos farmacêuticos e análogos, sem proteção.

Ainda podemos citar outras classificações que também influenciam a distribuição de pontos de utilização, linhas elétricas e equipamentos, e que têm algum tipo de implicação com a segurança contra incêndio. São elas:

AA: Temperatura ambiente.
AD: Presença de água.
AM: Influências eletromagnéticas, eletrostáticas ou ionizantes.
AQ: Descargas atmosféricas.
BD: Condições de fuga das pessoas em emergência.
CA: Materiais de construção.
CB: Estrutura das edificações.

5. Proteção contra incêndios: regra geral, locais BD, BE, CA2 e CB2

A edição 2004 da ABNT NBR 5410 – Instalações elétricas de baixa tensão apresenta requisitos que influenciam diretamente a seleção das linhas elétricas em alguns tipos de locais, particularmente no que se refere à proteção contra incêndio.

No texto da norma, as medidas de proteção contra incêndio ocupam-se das "Condições de fuga de pessoas em emergências" (classificação de influências externas BD), da "Natureza dos materiais processados ou armazenados" (classificação de influências externas BE2), das "Construções combustíveis" (classificação de influências externas CA2) e das "Estruturas que facilitem a propagação de incêndio" (classificação de influências externas CB2).

Em todos os casos anteriores, a norma estabelece que as linhas aparentes devem atender a uma das seguintes condições:

a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos e os condutos devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

c) no caso de linhas em condutos fechados, elas devem ser resistentes ao fogo sob condições simuladas de incêndio, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos".

As características dos produtos (condutos e/ou condutores) relativas ao fato de serem livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos faz sentido apenas no caso de situações que envolvam pessoas, devidamente tratadas na classificação BD, não sendo aplicadas a elementos de construção e seu uso (classificações BE, CA e CB).

Além disso, nos casos classificados como BE2, CA2 e CB2, a preocupação deve ser prioritariamente com a propagação do incêndio e não com a emissão de halogênios, fumaça e gases tóxicos.

5.1. LOCAIS BD

Nos locais classificados como BD2, BD3 e BD4 (ver tabela 21 da ABNT NBR 5410:2004), a norma estabelece em 5.2.2.2.2 que as linhas elétricas (embutidas e aparentes) não devem ser dispostas em rota de fuga, a menos que a linha elétrica não venha a propagar e nem contribuir para a propagação de um incêndio, e que a linha elétrica não venha a atingir temperatura alta o suficiente para inflamar materiais adjacentes. Se aparente, a linha deve ser posicionada fora da zona de alcance normal ou possuir proteção contra os danos mecânicos que possam ocorrer durante uma fuga.

Em 5.2.2.2.3, prescreve-se que, em áreas comuns, em áreas de circulação e em áreas de concentração de público, em locais BD2, BD3 e BD4, as linhas elétricas embutidas devem ser totalmente imersas em material incombustível, enquanto as linhas aparentes e as linhas no interior de paredes ocas ou de outros espaços de construção devem atender a uma das seguintes condições:

a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

b) no caso de linhas constituídas por condutos abertos, os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Já os condutos, caso não sejam metálicos ou de

outro material incombustível, devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

c) no caso de linhas em condutos fechados, os condutos que não sejam metálicos ou de outro material incombustível devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênios e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Na primeira hipótese (condutos metálicos ou de outro material incombustível), podem ser usados condutores e cabos apenas não-propagantes de chama; na segunda devem ser usados cabos não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

Note que o texto menciona algumas "áreas" em "locais BD2, BD3 e BD4". Ou seja, hospitais, hotéis, teatros, cinemas, escolas, etc., são locais "BDX", os quais possuem áreas privadas, sem acesso ao grande público (escritório, cozinha, lavanderia, camarins, etc.) e áreas comuns, de circulação e de concentração de público. No primeiro caso valem as regras gerais da ABNT NBR 5410 e no segundo caso é onde de fato valem as prescrições específicas acima.

Para efeito de escolha dos condutores, o item 6.2.3.5 da ABNT NBR 5410 esclarece que os cabos não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos devem atender à norma ABNT NBR 13248.

5.2. LOCAIS BE2

A classificação BE de um local baseia-se na natureza dos materiais que são nele processados ou armazenados. Em particular, locais BE2 são aqueles que apresentam maior risco de incêndio devido à presença de substâncias combustíveis em quantidade apreciável.

Em 5.2.2.3.6, a ABNT NBR 5410 estabelece que, quando as linhas elétricas não forem totalmente embutidas em material incombustível, ou seja, se forem aparentes, devem ser tomadas precauções para garantir que elas não venham a propagar chama. Em particular, os condutores e cabos devem ser não-propagantes de chama.

5.3. LOCAIS CA2

Locais CA2 são aqueles construídos predominantemente com materiais combustíveis, tais como madeira, materiais plásticos, etc..

A única menção à proteção contra incêndio nestes locais está em 5.2.2.4.2 que diz que devem ser tomadas precauções para que os componentes da instalação elétrica não possam provocar a combustão de paredes, tetos e pisos.

Nenhuma referência específica é feita às características das linhas elétricas, o que difere em muito da edição de 1997 da ABNT NBR 5410 que prescrevia para as linhas aparentes em locais CA2 o emprego de condutos e/ou condutores livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

5.4. LOCAIS CB2

Edificações CB2 são aquelas cuja estrutura facilita a propagação de incêndio como, por exemplo, edifícios com fachadas em que predomina o uso de vidro. Nesses locais, de acordo com 5.2.2.5.2 da ABNT NBR 5410:2004, devem ser tomadas precauções para que as instalações elétricas não possam propagar incêndios (por exemplo, por efeito chaminé). Obturar pisos e paredes que são atravessados por linhas elétricas é um exemplo de como atender à prescrição desse item da norma. Aqui também, nenhuma referência específica é feita às características das linhas elétricas.

6. Proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos

É sabido que todos os componentes das instalações elétricas aquecem quando em funcionamento normal devido ao efeito Joule. Via de regra, esse aquecimento é bem suportado pelos materiais que estão próximos aos componentes. No entanto, existem situações anormais que podem ocorrer ao longo da vida de uma instalação, as quais levam os componentes a atingirem temperaturas muito acima da normal por tempos que podem ser desde milésimos de segundo até, em alguns casos, horas ou dias. Tais temperaturas anormais ocorrem quando circulam as chamadas sobrecorrentes por uma instalação elétrica.

As sobrecorrentes podem ser de duas naturezas: sobrecargas ou curtos-circuitos. No primeiro caso, correntes relativamente pequenas acima da nominal circulam durante tempos relativamente longos. Não há valores padronizados para definir exatamente esses valores mas, para se ter uma idéia, disjuntores são ensaiados em situação de sobrecarga com correntes 30% a 45% acima da nominal circulando por uma ou duas horas. No caso dos curtos-circuitos, tem-se correntes relativamente elevadas acima da nominal circulando por tempos relativamente pequenos. Usando novamente o exemplo dos disjuntores, eles são ensaiados com correntes dezenas de vezes a nominal que circulam por poucos milésimos de segundos.

Em ambos os casos de sobrecorrentes, as temperaturas que os componentes da instalação elétrica podem atingir são potencialmente muito elevadas (centenas de graus), podendo facilmente provocar a combustão de materiais próximos, resultando em incêndios.

A ABNT NBR 5410:2004 traz uma série de requisitos muito claros sobre a proteção contra sobrecorrentes no caso particular de condutores elétricos.

7. Linhas elétricas

O item 6.2.9 da ABNT NBR 5410:2004 trata das condições de instalação das linhas elétricas. A seguir são analisadas algumas situações que têm relação com situações de incêndio.

7.1. DUTOS DE EXAUSTÃO DE FUMAÇA E DE VENTILAÇÃO

Em 6.2.9.4.3 está prescrito que "não se admitem linhas elétricas no interior de dutos de exaustão de fumaça ou de dutos de ventilação".

7.2. ESPAÇOS DE CONSTRUÇÃO E GALERIAS

Em 6.2.9.6.7 trata-se dos espaços de construção e galerias, prescrevendo-se que "nos espaços de construção, e nas galerias, devem ser tomadas precauções adequadas para evitar a propagação de um incêndio".

Assim, de acordo com a Tabela 32 – Características dos componentes da instalação em função das influências externas (ABNT NBR 5410:2004), na classificação CB2, os componentes elétricos (e não-elétricos) instalados em espaços de construção e galerias devem ser constituídos de materiais não-propagantes de chama ou devem ser previstas barreiras corta-fogo ou ainda podem ser previstos detectores de incêndio.

7.3. POÇOS VERTICAIS (SHAFTS)

Em 6.2.9.6.8, temos: "No caso de linhas elétricas dispostas em poços verticais atravessando diversos níveis, cada travessia de piso deve ser obturada de modo a impedir a propagação de incêndio. Admite-se que essa obturação das travessias possa não ser provida nas seguintes situações:

a) no caso de linhas constituídas por cabos fixados em paredes ou em tetos, quando os cabos forem não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

b) no caso de linha em conduto aberto, quando os cabos forem não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos e o conduto, caso não seja metálico ou de outro material incombustível, também for não-propagante de chama, livre de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos.

c) no caso de linha em conduto fechado, quando o conduto for metálico ou de outro material incombustível ou, ainda, caso não seja metálico ou de outro material incombustível, quando o conduto for não-propagante de chama, livre de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos. Na primeira hipótese (conduto metálico ou de outro material incombustível), os condutores e cabos podem ser apenas não-propagantes de chama; na segunda, os cabos devem ser não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos".

De um modo geral, as travessias de pisos devem ser obturadas, a menos que se utilizem cabos e condutos especificamente indicados.

Além disso, no eventual caso de um conduto não-metálico vir a ser não-propagante de chama, livre de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos, então se exige que os condutores também possuam essas mesmas propriedades.

7.4. ELETRODUTOS E BUSWAYS

Reconhecendo que são muito comuns os casos de travessias de paredes e pisos por eletrodutos e busways (linha elétrica pré-fabricada), a norma traz algumas prescrições específicas para essas situações, a saber:

6.2.9.6.2 - Linhas elétricas tais como as constituídas por eletrodutos ou condutos fechados equivalentes e as pré-fabricadas, que penetrem em elementos da construção cuja resistência ao fogo seja conhecida e especificada, devem ser obturadas internamente de forma a garantir pelo menos o mesmo o grau de resistência ao fogo do elemento em questão, e também obturadas externamente, conforme 6.2.9.6.1.

6.2.9.6.4 - Os eletrodutos ou condutos fechados equivalentes que sejam não-propagantes de chama e cuja área de seção transversal interna seja de no máximo 710 mm² não precisam ser obturados internamente, desde que:

a) os eletrodutos ou condutos equivalentes apresentem grau de proteção IP33.

b) todas as extremidades da linha que terminem em um compartimento construtivamente separado do compartimento do qual ela provém satisfaçam o grau de proteção IP33".

Destaque nas prescrições acima para a necessidade de obturar internamente os eletrodutos ou condutos fechados equivalentes não-propagantes de chama e busways, com exceção dos eletrodutos e condutos fechados IP33 (proteção contra corpos sólidos superiores a 2,5 mm e proteção contra chuva até 60º da vertical) e com diâmetro interno de até 30 mm (710 mm²), o que, segundo as normas de eletrodutos baseadas na IEC 60614-2-1 (metálicos) e IEC 60614-2-2 (não-metálicos) significam, respectivamente, tamanhos nominais de até 25 mm (metálico) e 32 mm (não-metálico). Note ainda que as eletrocalhas perfuradas de um modo geral não atendem ao grau IP33.

7.5. OBTURAÇÕES

Em relação às barreiras corta-fogo, a norma trata em 6.2.9.6.1 sobre as travessias, estabelecendo que "quando uma linha elétrica atravessar elementos da construção tais como pisos, paredes, coberturas, tetos etc., as aberturas remanescentes à passagem da linha devem ser obturadas de modo a preservar a característica de resistência ao fogo de que o elemento for dotado".

6.2.9.6.3 - As prescrições de 6.2.9.6.1 e 6.2.9.6.2 são consideradas atendidas se a obturação provida for de um modelo que tenha sido submetido a ensaio de tipo.

6.2.9.6.5 - Toda obturação destinada a cumprir com 6.2.9.6.1 e/ou 6.2.9.6.2 deve atender às prescrições das alíneas a) a c), bem como as de 6.2.9.6.6:

a) deve ser compatível com os materiais da linha elétrica com os quais deve ter contato.

b) deve permitir as dilatações e contrações da linha elétrica sem que isso reduza sua efetividade como barreira corta-fogo.

c) deve apresentar estabilidade mecânica adequada, capaz de suportar os esforços que podem sobrevir de danos causados pelo fogo aos meios de fixação e de suporte da linha elétrica.

NOTA – Essa prescrição é considerada atendida:

• se a fixação da linha elétrica for reforçada com grampos, abraçadeiras ou suportes, instalados a não mais de 750 mm da obturação e capazes de suportar as cargas mecânicas esperadas em conseqüência da ruptura dos suportes situados do lado da parede já atingido pelo fogo e de tal forma que nenhum esforço seja transmitido à obturação.

• ou se a concepção da própria obturação garantir uma sustentação adequada, na situação considerada.

6.2.9.6.6 - As obturações devem poder suportar as mesmas influências externas a que a linha elétrica está submetida e, além disso,

a) devem ter uma resistência aos produtos de combustão equivalente à dos elementos da construção nos quais forem aplicadas.

b) devem apresentar um grau de proteção contra penetração de água pelo menos igual ao requerido dos elementos da construção nos quais forem aplicadas.

c) devem ser protegidas, tanto quanto as linhas, contra gotas de água que, escorrendo ao longo da linha, possam vir a se concentrar no ponto obturado, a menos que os materiais utilizados sejam todos resistentes à umidade, originalmente e/ou após finalizada a obturação".

7.6. ESPECIFICAÇÃO DE CONDUTORES

A norma é precisa ao definir os tipos de cabos permitidos e os não-permitidos para utilização nas instalações fixas cobertas pela norma. São contemplados os condutores com isolação em PVC, EPR, XLPE e os livre s de halogênio e com baixa emissão de fumaça, conforme texto da norma a saber:

6.2.3.2 - Os cabos uni e multipolares devem atender às seguintes normas:

a) os cabos com isolação de EPR, à NBR 7286.

b) os cabos com isolação de XLPE, à NBR 7287.

c) os cabos com isolação de PVC, à NBR 7288 ou à NBR 8661.

NOTA – Os cabos em conformidade com a NBR 13249 não são admitidos nas maneiras de instalar previstas na tabela 33, tendo em vista que tais cabos destinam-se tão-somente à ligação de equipamentos.

6.2.3.3 - Para efeito desta norma, os condutores com isolação de XLPE que atendam à NBR 7285, compreendendo condutores isolados e cabos multiplexados, são considerados cabos unipolares e cabos multipolares, respectivamente.

6.2.3.4 - Os condutores isolados com isolação de PVC de acordo com a NBR NM 247-3 devem ser não-propagantes de chama.

6.2.3.5 - Os cabos não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos devem atender à NBR 13248.

NOTA – Os cabos não-propagantes de chama, livres de halogênio e com baixa emissão de fumaça e gases tóxicos podem ser condutores isolados, cabos unipolares e cabos multipolares.

Na prática, os catálogos dos fabricantes mencionam as normas que os seus produtos atendem e o número da norma do produto deve ser gravado sobre a isolação (condutores isolados / cabos unipolares) e cobertura (cabos multipolares) dos produtos, o que facilita a especificação e a inspeção dos cabos a serem utilizados nas instalações elétricas.

8. Quadros de distribuição

8.1. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Um quadro de distribuição pode ser considerado como o "coração" de uma instalação elétrica, já que distribui a energia elétrica por toda a instalação e acondiciona os dispositivos de proteção dos diversos circuitos elétricos. Assume, portanto, uma função bastante significativa, merecendo os devidos cuidados no dimensionamento e na especificação técnica.

O quadro de distribuição, também designado por conjunto de proteção, manobra e comando, é erroneamente designado por "painel".

De acordo com a sua finalidade um quadro pode ser:

• Quadro de distribuição, quando recebe energia elétrica de uma ou mais alimentações e a distribui a um ou mais circuitos.

• Quadro (de distribuição) terminal, quando alimenta exclusivamente circuitos terminais.

As características técnicas de um quadro de distribuição são estabelecidas pela norma ABNT NBR IEC 60439-1 para os quadros totalmente testados (TTA) e os parcialmente testados (PTTA) – também conhecidos como

de aplicação industrial; e a norma ABNT NBR IEC 60439-3 aos quadros instalados em locais acessíveis a pessoas não qualificadas – também conhecidos como de uso residencial e análogo.

Da leitura dessas normas depreende-se que para a adequada especificação técnica de um quadro de distribuição, por mais simples que ele seja, de todas as características técnicas citadas é necessária a menção de pelo menos as seguintes:

- Tensão nominal.
- Corrente nominal.
- Capacidade de curto-circuito.
- Grau de proteção – IP.
- Tipo de montagem (sobrepor ou de embutir).
- Tipo de barramento.
- Tipos de disjuntores (ou fusíveis) a serem instalados.

8.2. SELEÇÃO E INSTALAÇÃO

Já o dimensionamento dos circuitos elétricos, dos dispositivos de proteção, os critérios para a seleção e a instalação do quadro devem ter como base a norma ABNT NBR 5410, de onde extraímos as seguintes considerações:

- Deve possuir grau de proteção (IP) compatível com as influências externas a que ficar submetido.
- Todo quadro de distribuição deve ter capacidade de reserva para futuras ampliações de circuitos.
- Os quadros devem ser instalados em local de fácil acesso e possuir identificação do lado externo.
- Todos os componentes no interior dos quadros devem ser devidamente identificados.
- Todo quadro de distribuição destinado a instalações residenciais e análogas deve possuir uma advertência, colocada pelo instalador ou já vinda de fábrica, com o seguinte conteúdo:

ADVERTÊNCIA

1. Quando um disjuntor ou fusível atua, desligando algum circuito ou a instalação inteira, a causa pode ser uma sobrecarga ou um curto-circuito. Desligamentos freqüentes são sinais de sobrecarga. Por isso, NUNCA troque seus disjuntores ou fusíveis por outros de maior corrente (maior amperagem), simplesmente. Como regra, a troca de um disjuntor ou fusível por outro de maior corrente requer, antes, a troca dos fios e cabos elétricos, por outros de maior seção (bitola).

2. Da mesma forma, NUNCA desative ou remova a chave automática de proteção contra choques elétricos (dispositivo DR), mesmo em caso de desligamentos sem causa aparente. Se os desligamentos forem freqüentes e, principalmente, se as tentativas de religar a chave não tiver êxito, isso significa, muito provavelmente, que a instalação elétrica apresenta anomalias internas, que só podem ser identificadas e corrigidas por profissionais qualificados. A DESATIVAÇÃO OU REMOÇÃO DA CHAVE SIGNIFICA A ELIMINAÇÃO DE MEDIDA PROTETORA CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS E RISCO DE VIDA PARA OS USUÁRIOS DA INSTALAÇÃO.

8.3. PROTEÇÃO CONTRA CHOQUES ELÉTRICOS

Os quadros devem possuir grau de proteção mínimo IP2X, com a porta fechada. Uma vez aberta a porta, esse grau de proteção IP2X deverá ser mantido. Ou seja, mesmo com a porta aberta, as pessoas não poderão ter acesso às partes energizadas. Apenas às alavancas dos dispositivos de manobra e proteção.

A remoção da barreira de proteção só poderá ser feita por meio de chave ou ferramenta ou, ainda, pela desenergização do quadro (método não usual).

Podem ser excluídos dessa exigência da barreira de proteção os quadros situados em locais com acesso permitido apenas a pessoal BA4 (advertido) ou BA5 (qualificado). É o que normalmente ocorre em subestações e salas de serviço elétrico, trancadas e com sinalização de restrição e de perigo.

9. Documentação de uma instalação elétrica

9.1. PARTES CONSTITUINTES DE UM PROJETO

Conforme estabelece a norma ABNT NBR 5410, uma instalação elétrica deve ser executada a partir de um projeto específico. É o que se denomina de "projeto para execução" (conforme norma ABNT NBR 13531), ou de "projeto executivo".

No entanto, é comum as pessoas associarem um "projeto" apenas ao "jogo de desenhos". Um projeto vai muito além disso.

Ainda de acordo com a norma ABNT NBR 5410, um projeto deve conter as seguintes partes: plantas (desenhos), esquemas, detalhes, memorial descritivo e especificação dos componentes.

Sucintamente, apresenta-se a seguir uma sugestão de conteúdo para cada uma dessas partes constituintes de um projeto de instalações elétricas:

Plantas (desenhos) - representação gráfica do que será instalado (quadros, caixas, eletrodutos, condutores, pontos de iluminação e de tomadas, etc).

Esquemas - devem ser apresentados na documentação (além das plantas) eventuais esquemas técnicos que sejam necessários para o bom entendimento das soluções que o projetista adotou e também para representar as informações necessárias à montagem de circuitos elétricos, envolvendo os diversos dispositivos de manobra, comando, sinalização, seccionamento, controle e proteção. Exemplo: esquemas unifilares, trifilares, outros.

Atentar para o fato de que a designação correta é "esquema" e não "diagrama".

Detalhes - da mesma forma que nos esquemas, o projeto poderá contemplar eventuais detalhes construtivos que sejam necessários para o bom entendimento das soluções que o projetista adotou para determinadas montagens que não sejam usuais ou de imediata compreensão, ou ainda que necessitem de identificação dos diversos componentes utilizados.

Por se tratar de item opcional, poderá existir projeto em que o projetista entendeu não haver necessidade de apresentar detalhes.

Memorial descritivo - parte tão importante quanto os desenhos, o memorial descritivo deve ser utilizado para registrar todas as demais informações relevantes do projeto, que não constam das plantas; por exemplo: conceituação, premissas fixadas, decisões tomadas, parâmetros técnicos, características peculiares do projeto, informações relevantes ao executante e ao usuário, orientações para a contratação da execução, orientações para a própria execução, aspectos sobre manutenção, etc. O memorial descritivo passa a ser uma peça importante em um eventual conflito ou disputa judicial.

Especificação dos componentes - outra parte também tão importante quanto às plantas, a especificação técnica dos componentes a serem utilizados na obra deve ser muito bem constituída. Deve-se utilizar a terminologia oficial e as características técnicas previstas nas correspondentes normas técnicas. A boa especificação técnica é aquela que prescinde da citação de marca (fabricante) para completar a sua identificação, constituindo-se exceção os casos em que tal citação se torna necessária.

Parâmetros do projeto - representam as informações e dados considerados pelo projetista durante a elaboração do projeto e que nortearam a sua concepção, os dimensionamentos, as especificações dos componentes e algumas decisões tomadas. Não confundir com as memórias de cálculo, que por sua vez representam todo o desenvolvimento matemático e técnico (passo a passo) que o projetista adotou para chegar ao dimensionamento final. É o cabedal do autor do projeto. Normalmente as memórias de cálculo não são fornecidas com o projeto, tratando-se de item específico, a ser contratado à parte se necessário, e a critério do projetista.

São exemplos de parâmetros de projeto: temperatura ambiente, fatores de demanda, fatores de reserva, fatores de correção, quedas de tensão, corrente de projeto de cada circuito, capacidade de condução de corrente dos condutores, corrente de curto-circuito presumida, impedância de percurso da corrente de falta, etc..

9.2. DOCUMENTAÇÃO “AS BUILT”

Cita ainda a norma ABNT NBR 5410 que, concluída a execução da instalação elétrica, o projeto deverá ser revisado e atualizado, de forma a corresponder fielmente ao que foi executado, gerando assim a documentação “como construído”, ou do inglês, “as built”.

Essa documentação “as built” poderá ser elaborada pelo projetista, pelo instalador, ou por outro profissional. É uma mera questão contratual.

9.3. FASES DE UM EMPREENDIMENTO

Qualquer que seja o porte de um empreendimento, desde uma simples residência até uma grande indústria, inevitavelmente passa-se pelas seguintes fases:

- Projeto.
- Execução.
- Comissionamento.
- Entrega.

A dimensão de cada uma dessas fases será função do porte do empreendimento, do seu grau de importância, das exigências estabelecidas no projeto e de aspectos contratuais.

Destaque-se as duas últimas etapas nas quais são realizadas certas formalizações, importantes para a segurança das instalações e para o atendimento de questões de ordem legal.

O comissionamento tem o objetivo de assegurar que a instalação foi executada conforme previsto no projeto e que poderá ser energizada sem risco aparente.

E o ato da entrega formal dos trabalhos tem o objetivo de fornecer toda a documentação pertinente e formalizar a conclusão do serviço contratado.

10. Verificação final

10.1. FINALIDADE

Como muito bem cita a norma ABNT NBR 5410: “Qualquer instalação ou reforma (extensão ou alteração) de instalação existente deve ser inspecionada visualmente e ensaiada, durante e/ou quando concluída a instalação, antes de ser posta em serviço pelo usuário, de forma a se verificar a conformidade com as prescrições dessa norma.”

O objetivo é fazer com que a instalação possa ser energizada e utilizada com segurança, evitando que o usuário seja a “cobaia”.

De posse da documentação técnica na condição de “como construído” (“as built”) essa verificação final compreende a realização das seguintes etapas:

- Inspeção visual.
- Ensaios.

10.2. INSPEÇÃO VISUAL

A inspeção visual deve ser realizada antes dos ensaios e tem por objetivo verificar se os componentes da instalação elétrica estão em conformidade com as respectivas normas, se foram corretamente selecionados e instalados de acordo com as prescrições da ABNT NBR 5410, e se não possuem danos visíveis.

No caso de produtos não sujeitos à certificação compulsória, a verificação da conformidade de cada componente às correspondentes normas técnicas é feita por meio da “declaração de fornecedor”, ou seja, pela própria indicação da norma no produto ou na embalagem.

Para os casos de produtos sujeitos à certificação compulsória, deve-se verificar se possuem a Marca de Conformidade (emitida por um organismo acreditado pelo Inmetro).

A norma ABNT NBR 5410 apresenta as verificações mínimas a serem realizadas como parte do processo

de inspeção visual. São elas:

a) medidas de proteção contra choques elétricos.
b) medidas de proteção contra efeitos térmicos.
c) seleção e instalação das linhas elétricas.
d) seleção, ajuste e localização dos dispositivos de proteção.
e) presença dos dispositivos de seccionamento e comando.
f) verificação das condições de influências externas.
g) identificação dos componentes.
h) presença das instruções, sinalizações e advertências requeridas.
i) execução das conexões.
j) acessibilidade.

10.3. ENSAIOS

Após a realização da inspeção visual e não havendo não-conformidades que possam alterar resultados de algum ensaio, parte-se para a realização dos ensaios mínimos previstos na citada norma. São eles:

a) continuidade dos condutores de proteção e das eqüipotencializações principal e suplementares.
b) resistência de isolamento da instalação.
c) resistência de isolamento dos sistemas SELV e PELV (se houver).
d) seccionamento automático da alimentação.
e) tensão aplicada (se necessário).
e) funcionamento.

Não é obrigatório, mas preferencialmente os ensaios devem ser realizados na seqüência apresentada.

11. Alimentação elétrica para os sistemas de segurança

Os sistemas de segurança, em qualquer edificação, são concebidos para serem confiáveis. Ou seja, são elementos presentes na edificação que precisam estar preparados para entrada em operação em condições especiais. Seja porque são concebidos para situações que podem acontecer raramente (e ele não poderá falhar justo nesse momento em que for acionado), seja porque suas concepções e operação devem ser simples para que possam ser colocados em teste o tempo todo sem comprometer a operação normal da edificação. Também porque eles garantem recursos adicionais à edificação (flexibilidade, confiabilidade) que agregam valor comercial a ela.

A partir dessas considerações, cabe aprofundar a reflexão pois, mais que isso, os sistemas de segurança, juntamente com os sistemas de proteção elétrica, são as garantias de vida dos usuários, permanentes ou não, de todas as edificações. Daí a grande importância de um bom projeto de sistemas elétricos, que permita que todos esses fatores sejam balanceados para se atingir a melhor solução técnica para cada determinado tipo de empreendimento.

Os projetos dos sistemas elétricos, desse modo, deverão atender não só a todos os requisitos das normas pertinentes (em alta ou baixa tensão), mas também poderão adicionar requisitos específicos na sua forma de alimentação, facilitando a operação e aumentando as garantias de sucesso na eventualidade de um combate a incêndio.

11.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A CONCEPÇÃO DO PROJETO DE SISTEMAS ELÉTRICOS

Em casos de combate ao incêndio em geral e, especificamente os do grupo “C” que envolvem equipamentos energizados, a maioria dos grupamentos de incêndio do Brasil indica em seus manuais que, para evitar-se a propagação, o combate deve ser realizados com a energia desligada, ou seja, necessitando que o agente extintor não conduza a corrente elétrica.

Uma primeira consideração importante quando se trata de alimentação elétrica é a definição do que são sistemas de alimentação elétrica para serviços de segurança: conforme ABNT NBR IEC 50 (826), são sistemas previstos para manter o funcionamento de equipamentos e instalações essenciais:

• a segurança das pessoas e à salubridade, e/ou.

• quando exigido pela legislação, para evitar danos significativos ao meio ambiente ou a outros materiais.

São erradamente chamados de “sistemas de emergência”, diferenciados dos sistemas de reserva (destinados a funcionar em caso de interrupção da alimentação normal, por razões outras que não os da segurança das pessoas supracitado).

Outra divisão na análise facilita definir a origem das alimentações de energia de todos os sistemas elétricos:

• análise de edificação por função, ocupação e uso, visando conceber a distribuição da energia ao longo da edificação.

• definição do tipo de entrada de energia ou alimentações a serem garantidas pela concessionária.

• análise das fontes de energia envolvidas na alimentação da edificação.

O aspecto relevante para concepção de alimentação de sistemas segurança é que a prioridade do combate será sempre, no primeiro momento, pela preservação da vida e, só depois, pela proteção ao patrimônio.

Dessa forma, passa a ser de extrema importância que o projeto tenha elementos que permitam identificar rapidamente o foco de incêndio, com maior acuidade nos preventivos (detectores de fumaça e temperatura, alarmes de incêndio, sistemas de sinalização e comunicação).

O projeto deve ser pensado para facilitar as ações de identificação do foco de incêndio, do primeiro combate a esse foco e da evacuação da edificação. Independentemente dos cuidados de projeto, é muito importante que a equipe que vai atuar durante o incêndio tenha pleno conhecimento das maneiras de se desligar a edificação, conhecendo as principais formas de derivação da energia que abastecem os sistemas de segurança.

11.1.1. ALIMENTAÇÃO DA ENERGIA: ANÁLISE DA EDIFICAÇÃO POR FUNÇÃO, OCUPAÇÃO E USO

Na concepção de um projeto de sistemas elétricos, por sua ocupação e uso serão orientadas as derivações de alimentação de energia destinadas a suprir os sistemas de segurança, proteção e combate a incêndio.

Somente após a conceituação do objetivo estratégico do empreendimento e dos potenciais usuários, podemos atender às exigências da distribuição da energia no interior da edificação, conforme as tabelas de influências externas para componentes e linhas elétricas (tabelas 21, 32, 33 e 34 da norma ABNT NBR 5410).

Não devemos esquecer igualmente o que prescreve a norma ABNT NBR 13570 “Instalações elétricas em locais de afluência de público “, no seu item 4.7, sobre comando de emergência, em que temos: “Além dos meios previstos de seccionamento parcial, conforme a ABNT NBR 5410, recomenda-se a instalação de um dispositivo de comando de emergência capaz de desligar toda a instalação, com exceção dos serviços de segurança, instalado em local facilmente acessível do exterior em caso de emergência e operado apenas por pessoal BA4 e BA5, conforme a ABNT NBR 5410”.

Assim, torna-se muito importante avaliar a forma de alimentação elétrica dos sistemas de segurança para proteção e combate a incêndio.

11.1.2. PARTICULARIDADES A SEREM ANALISADAS NA ESCOLHA DA DERIVAÇÃO DA ENERGIA DESTINADA AOS SISTEMAS DE DETECÇÃO E COMBATE A INCÊNDIO

Elementos importantes a serem observados na concepção do projeto dos sistemas elétricos são:

• Características físicas da edificação, tais como: tipo de material da construção, volume de carga de incêndio, altura, áreas dos pavimentos, número de pavimentos, condições de acesso à área exterior, rotas de fuga, condição de acesso externo para ajuda em sinistro.

• Condições de apoio ao combate em situação de risco: densidade de ocupação, elementos de prevenção e combate à incêndio, suporte operacional durante o sinistro, recursos de evacuação da edificação.

Claramente é diferente a concepção para combate e evacuação em edificações como hospitais, shopping centers, museu ou em depósitos de materiais de construção, em que a preservação da vida e dos elementos físicos presentes é que demandam e orientam a solução técnica.

• Sistemas disponíveis na edificação, para prevenção, combate a incêndio e sinalização e orientação de segurança .

Ressalte-se que a melhor solução para os sistemas de segurança ligados à energia elétrica depende de uma profunda integração com a concepção arquitetônica da edificação.

Assim sendo, sabendo-se que:

• a função do projeto de sistemas elétricos é buscar o melhor custo-benefício por tipo e uso do empreendimento.

• as regras e normas específicas das concessionárias de energia predominam ou podem ser mais restritivas que as normas técnicas de eletricidade.

• a escolha do tipo de sistema de detecção, proteção e combate a incêndio, além de atender às exigências mínimas das autoridades locais, afeta de forma aguda a equação de custo-benefício, enquanto constitui-se de poderoso recurso adicional de valorização de um empreendimento.

Ao projetista de sistemas elétricos caberá definir a forma e a origem da alimentação da energia destinada aos sistemas de prevenção e combate, em que deve procurar sempre:

• estar integrado à equipe que faz a concepção inicial da arquitetura do empreendimento, observando sempre os conceitos de sustentabilidade e uso racional de insumos (materiais, água e energia).

• atentar para os detalhes acima citados, além de atender as recomendações da norma ABNT NBR 5410, em particular as do capítulo 4, item 4.2.

• quando não for possível uma melhor adaptação da arquitetura, apresentar todos os recursos de escolha dos sistemas para melhor recuperar eventuais dificuldades de operação da edificação no momento de sinistro e incêndio, analisando inclusive as exigências da NR-10 na instalação e operação destes sistemas.

• definidos os sistemas, concebê-los da forma mais simples de se instalar e operar em condições de sinistro / incêndio, bem como de se fazer manutenção.

• apresentar um projeto que consiga ser estendido, além da sua função de execução inicial, para ser elemento auxiliar nos documentos “as built” e, portanto, poder ser utilizado como extensão na manutenção ao longo de vida útil do edifício.

11.2. TIPOS E FORMAS DE ENTRADA DE ENERGIA DE CONCESSIONÁRIAS

Para a maioria das edificações com alimentação de energia nas áreas urbanas a partir de redes públicas, o foco da concessionária é sempre:

• medição exclusiva para os sistemas de incêndio, visando ao faturamento comercial.

• preocupação com a derivação antes da chave-geral e com o furto de energia.

• preocupação com segurança do funcionário da concessionária na manutenção do dia-a-dia e do risco de retroalimentação.

• nas instruções e interface com equipes de emergência da concessionária que farão os desligamentos e procedimentos na ocorrência de um sinistro.

Por outro lado, além de atender a esse quesito, temos de nos ater à origem da alimentação da energia, não ferindo esse conceito da medição, mas permitindo que o corpo de bombeiros ou a equipe de segurança desligue a energia da edificação ou, quando possível, apenas dos setores atingidos. Num primeiro momento, os combatentes podem desligar somente a energia dos setores atingidos e manter a energia dos sistemas de combate. É aqui que reside o cuidado na distribuição interna da energia para esses sistemas, evitando-se que eles propaguem o incêndio e/ou causem acidentes nos oficiais combatentes (por exemplo, de choque elétrico pelo contato com água).

11.2.1. ALIMENTAÇÃO DA CONCESSIONÁRIA E ORIGEM DOS QUADROS ELÉTRICOS DE SISTEMAS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

A partir da entrada de energia da concessionária, recomenda-se que a alimentação elétrica dos sistemas de segurança se dê logo após a medição e antes da chave-geral da edificação, que normalmente situa-se no alinhamento ao lado das entradas de energia de baixa tensão. Cada concessionária tem suas regras em particular para o

posicionamento-padrão dessa chave e do medidor da energia destinada aos sistemas de incêndio, e essas devem ser consultadas no momento da concepção dos projetos.

O quadro elétrico destinado a abastecer os sistemas de proteção e combate a incêndio deve ser preferencialmente único a todos os sistemas, e estar localizado numa área fisicamente protegida da edificação, próximo do acesso externo, da medição de energia e/ou dos quadros-gerais de administração do edifício. Devem ser bem identificados, facilmente localizados e amplamente divulgados aos operadores. A partir dele, pode derivar a proteção das bombas dos sistemas de hidrantes, se esses estiverem distantes por conveniência hidráulica, ou de quadros de alarme, se por motivos de operação. A derivação para o quadro de incêndio deve ser feita com chave seccionadora sob carga, sem elemento de proteção (fusível / disjuntor).

Os cabos alimentadores, tanto desse quadro-geral quanto dos quadros que dele se derivam (para bombas por exemplo), devem ser dimensionados com capacidade adicional de pelo menos 20% visando permitir operação em sobrecarga. A norma permite, nesses casos, que seja omitida a proteção contra curto-circuito, pois, devido à extrema importância do tempo inicial do combate, é preferível que a bomba de incêndio opere em sobrecarga e possa até mesmo "queimar" após um tempo de operação, do que perder tempo precioso de combate devido à atuação da sua proteção. Há inclusive normas estrangeiras que recomendam o dimensionamento do alimentador das bombas para a corrente de rotor travado.

O motor elétrico da bomba deve ser igualmente dimensionado com essa reserva (em relação à potência requerida) e o conjunto de equipamentos mecânico e elétrico envolvido deve ser da mais alta confiabilidade. Essas recomendações cabem em todos os casos.

Outros cuidados podem ser tomados para os sistemas elétricos que alimentam bombas para sistemas de combate a incêndio:

• a alimentação deve ser feita por circuito independente, com alternativa de ponto de alimentação externo à edificação, em casos de edifícios de uso público.

• os condutores de alimentação devem ser preferencialmente mantidos fora da edificação, quando enterrados protegidos por camada de concreto e, em caso interno, serem instalados cuidadosamente sob proteção física (embutidos, eletrodutos metálicos, suportes reforçados, etc.).

• quando a alimentação for feita por transformador exclusivo, a proteção de sobrecorrente deverá ser feita somente no circuito primário.

• na sala na qual se situam as bombas, somente utilizar eletrodutos metálicos.

Em todos os casos deve ser consultada a concessionária de energia local para que sejam atendidas as regras de instalação do medidor de energia exclusivo para sistemas e bombas de incêndio. Essas regras se sobrepõem às normas técnicas emitidas pela ABNT.

Cabe analisar alguns exemplos significativos:

11.2.2. ENTRADAS DE ENERGIA EM BAIXA TENSÃO

Não há dificuldades maiores para alimentação do sistema de proteção contra incêndio para casos de edificações com um único usuário em baixa tensão. Já a maioria das edificações residenciais no Brasil possui sistema multimedição, ou seja, dotadas de unidades independentes – tais como apartamentos - que possuem sua própria medição e conta individual de energia. Nesses casos, do poste de entrada a energia é direcionada a um centro de medição no qual se localiza um medidor para cada apartamento, e outros medidores, para área comum da edificação (administração) e para os sistemas de proteção contra incêndio. Mesmo nos casos de medição remota de energia, em que os medidores ficam distribuídos ao longo dos pavimentos e não centralizados, sempre há um ponto de entrada de energia em que se dá a origem da alimentação dos sistemas elétricos e, conseqüentemente, dos sistemas de segurança, sempre respeitando-se as regras de cada concessionária em particular.

Quando for o caso de um complexo com vários edifícios, pode existir mais de uma entrada de energia em baixa tensão para o empreendimento. Dessa forma, a alimentação elétrica para os sistemas de incêndio devem seguir o conceito de distribuição da energia elétrica, ou seja:

• de preferência a alimentação deriva-se da energia da administração da área comum a todas as edificações, centralizada na edificação de acesso principal do complexo.

• na eventualidade de um complexo de edifícios, em que cada um possua sua própria reserva de água para

incêndio, bombas e seu quadro elétrico dos sistemas de segurança, as alimentações devem ser distribuídas a partir de uma das entradas de energia (a principal, aquela que determina o acesso ao complexo), e cada edifício possuir quadro de incêndio (da projeção da própria torre) separado da energia da área comum.

Sempre que houver mais de uma entrada de energia para um endereço, deve ser feito um trabalho completo de divulgação e orientação, bem como de sinalização, sobre a forma de alimentação dos sistemas de segurança, de modo que a operação seja facilitada a todos no momento do sinistro. O risco que todos correm em um complexo dessa natureza é de, no momento do combate ao incêndio, imaginar-se que todas as edificações ou o complexo estão com energia desligada, quando uma das entradas de energia pode estar permitindo a presença da energia elétrica. Consultas específicas às regras da concessionária local são fundamentais nesse caso, além das recomendações de:

• melhorar a identificação para se localizar a chave-geral de energia do complexo, bem como o local do quadro-geral dos sistemas de proteção e combate a incêndio, para efeito de desligamento na emergência, por meio de adesivos, placas e/ou cartazes.

• identificar por meio de um esquema geral a ser afixado no local, com informações não somente técnicas mas regras de instrução e seqüências de operação, de como são alimentados os sistemas de segurança, na situação de mais de uma entrada de energia.

• reforçar a identificação das áreas que permanecem com energia após o desligamento da chave-geral e, de preferência, que haja desligamento contínuo das demais entradas de energia quando a uma delas perde a alimentação da concessionária.

11.2.3. ENTRADAS DE ENERGIA EM ALTA TENSÃO

Para potências instaladas superiores a 75 kW, a entrada de energia se dá em alta tensão, por meio de poste particular ligado à rede da concessionária ou diretamente na fachada da cabine primária de medição situada junto ao alinhamento do empreendimento. Devem ser consultados os padrões das concessionárias locais. Nesses casos, devem ser estudadas:

• as características do empreendimento para não acontecer o desligamento da energia da concessionária e, com ela, igualmente a energia de bomba de incêndio quando se desarme o disjuntor geral; uma alternativa possível obrigaria um transformador exclusivo para incêndio, antes dessa proteção geral.

• as necessidades de outras fontes de energia para alimentação da bomba de incêndio, na eventualidade de falta de energia nas ruas do entorno da edificação com o incêndio, ou do desligamento de proteção geral.

Seguindo cada norma das concessionárias do local para medição da energia, pode-se instalar um transformador exclusivo do sistema de combate a incêndio. O cuidado adicional nesse caso é relativo à distribuição da energia que se deriva deste transformador e desse quadro de incêndio, ao longo da edificação: sempre que houver manutenção preventiva ou preditiva haverá energia presente na edificação originada desse transformador que está alimentado antes do disjuntor-geral. Portanto a distribuição de energia para incêndio deve:

• ser conduzida em eletrodutos ou eletrocalhas metálicas (ou resistentes a duas horas de fogo) fechadas, independentes, exaustivamente identificadas.

• ocupar espaços e traçados que, em caso de incêndio, possam estar mais protegidas de acidentes físicos, com suportes reforçados das bandejas, eletrodutos, etc., de modo a manter a energia desejada durante o combate ao incêndio.

• permitir sinalização e localização dos quadros secundários de distribuição com acesso facilitado, protegidos da área de acesso ao público, atendendo às exigências da Norma Regulamentadora NR-10 para operação e manutenção.

Existem situações em que há necessidade de entrada única em alta tensão, mas com medições individualizadas para cada consumidor em alta tensão dentro de um mesmo empreendimento, caso comum em shopping centers com lojas âncora.

Os casos mais críticos acontecem quando se trata de sistema de alimentação de diversas subestações energizadas de anel dentro de um mesmo empreendimento. Devemos estar alertas nesse caso para:

• alimentação elétrica em dois sentidos, onde está presente um risco maior de erros de operação, obrigando sempre a existência de esquemas orientativos de seqüências de operação e de desenergização.

• alimentações de segurança nem sempre centralizadas, o que pode permitir áreas energizadas mesmo

quando se desligam disjuntores e chaves supostamente “gerais”, mas que representam regiões e não o todo.

• necessidade de diagrama afixados nas subestações para operação, quando se opera em sistema de contingência.

• maior cuidado na aplicação de geradores distribuídos, pois podem ocorrer erros de operação com retro-alimentação e retornos indesejados de energia.

12. Fontes suplementares de alimentação de energia nas edificações

Para efeito dessas considerações de proteção contra incêndio, definimos fonte suplementar de alimentação de energia como aquela que garante a alimentação de forma adicional, quando falta a alimentação principal de energia a um empreendimento, sejam na função de reserva, seja na função de segurança.

12.1. ALIMENTAÇÃO DE CONTINGÊNCIA DA CONCESSIONÁRIA

O conceito de alimentação de contingência de uma edificação está ligado a sistemas de grande porte, nos quais a falta de energia é fator de risco, seja pela pelo impacto ou números de pessoas afetadas, seja extensão dos danos materiais. É o que normalmente acontece nas dimensões públicas, e no caso de edifícios institucionais, cuja falta de energia possa provocar riscos ao meio ambiente, à população ou a própria vida do usuário, também na função de segurança. Em geral essas edificações são supridas em alta tensão com dupla alimentação, com circuitos originados de subestações distintas. Os cuidados com alimentação dos sistemas de segurança devem ser os mesmos citados no item 11.2.3.

12.2. FONTE DE ENERGIA PARA SERVIÇOS DE SEGURANÇA

O conceito direto de fonte de energia para serviços de segurança é aquele que se traduz por um recurso adicional à concessionária , destinado a atender às situações de segurança, permitindo operação dos sistemas essenciais, tais como alimentação elétrica para sistema de proteção e combate a incêndio (como iluminação de emergência, sistema de pressurização de escadas, bombas de incêndio) ou pânico (sirenes e acionadores, detectores de fumaça, aviso sonoro). Podem estar presentes também para atender a situações de sistemas de retaguarda localizados (backup) nas instalações de alto risco, caso cuja falta de energia possa provocar riscos ao meio ambiente ou à própria vida dos usuários. Em cada caso devem ser tomadas providências para que o projeto dos sistemas elétricos de combate a incêndio sejam corretamente alimentados e sejam de fácil operação, não só no momento do sinistro, mas no dia-a-dia.

Como exemplo de alimentações de serviços de segurança, destacam-se como estas fontes:

• usinas ou grupo motor-gerador diesel.

• sistemas centralizados de baterias, aqui encaixando-se os sistemas de energia ininterrupta ou UPS (Uninterruptable Power System) também conhecido por sistema no break ou superemergência.

• unidades autônomas de emergência (UAE), portáteis ou móveis, e também utilizando-se de bateria incorporada à luminária.

12.2.1. CUIDADOS COM ALIMENTAÇÃO DE SISTEMAS ELÉTRICOS DE SEGURANÇA VIA GERADOR DIESEL

Inúmeros aspectos precisam ser considerados para que todas as condições de instalação do grupo motor-gerador sejam atendidas, em substituição à concessionária, precauções que levam à garantia do funcionamento no momento da emergência, com especial atenção para:

• facilidade de acesso para instalação inicial: trata-se de equipamento pesado, com um conjunto montado e testado em fábrica, o que demanda do projeto condições adequadas para instalação.

• localização em relação à alimentação da energia normal (concessionária): custo dos cabos e sistemas de transferência.

• condição de acesso para manutenção do grupo motor-gerador, tanto mecânico (motor) quanto elétrico (gerador).
• atendimento às exigências de limitação acústica durante sua operação.
• condição de ventilação do ambiente no qual se situa o gerador.
• condição de armazenamento do combustível inflamável (óleo diesel).
• leiaute interno da sala do grupo gerador (ver detalhes nas Figuras 1, 2 e 3).

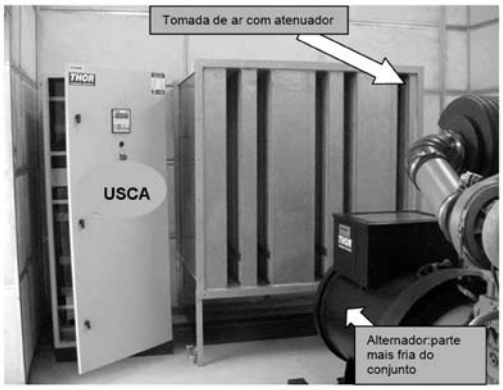


FIGURA 1: Outros detalhes do leiaute da sala do gerador – tomada de ar

FIGURA 2: Outros detalhes do leiaute da sala do gerador – dique de contenção de óleo / tratamento acústico nas paredes

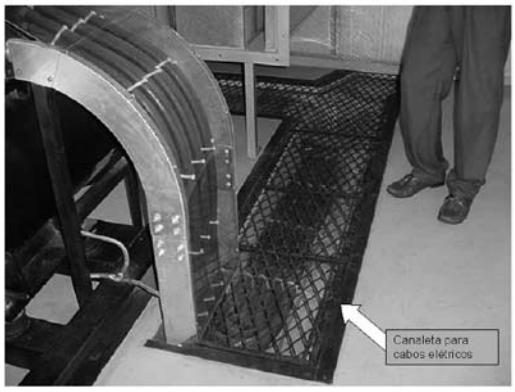


FIGURA 3: Outros detalhes do leiaute da sala do gerador – canaleta para cabos elétricos

Toda vez que o empreendimento dispuser de grupo motor-gerador, que tenha função de garantir a energia dos sistemas de proteção e combate a incêndio, a sinalização e identificação têm de ser claras e as regras de funcionamento bastante esclarecidas aos operadores das edificações.

12.2.2. CUIDADOS COM ALIMENTAÇÃO VIA BATERIAS

Quando se trata de instalação de baterias como fonte de alimentação de energia de segurança normalmente estaremos aplicando a substituição da energia de forma localizada e setorial, somente em uma parte da potência. Mas, do mesmo modo, cabem sempre consultas às regras das concessionárias locais e a normas especificas delas, antes do início do planejamento do trabalho.

A aplicação pode ser dividida em duas situações:

• para substituir a alimentação da iluminação (de forma localizada, nas unidades autônomas de emergência – UAE).

• para substituir a alimentação de iluminação e sistemas de alarme (de forma distribuída em um setor da edificação, a partir de uma central de baterias).

Os cuidados mais relevantes para sua aplicação podem ser resumidos em:

• condição de instalação das baterias: incorporadas à unidade de iluminação ou separadas no sistema central, são pesadas e apresentam alta concentração de peso (quilo por metro quadrado), devendo ser especificadas com especial cuidado em relação à facilidade de manutenção e à capacidade do suporte na estrutura ou no ambiente; igualmente essas baterias devem dispensar a reposição de líquidos (baterias tipo "secas") e em nenhuma condição apresentar formação de gases tóxicos; a condição térmica do ambiente no qual, se situam as baterias devem ser verificadas junto aos fornecedores.

• localização em relação à alimentação da energia normal (concessionária): a distribuição da energia até as luminárias com função de "luz de emergência" poderá ser feita em corrente contínua ou em corrente alternada, dependendo do tipo de central; nesses casos o cuidado com deve ser com o dimensionamento da queda de tensão e a escolha da tensão da luminária.

• atendimento às exigências de dissipação térmica durante sua operação: condição adequada de ventilação do ambiente onde se localiza.

Da mesma forma que para as UAE, recomenda-se sempre que haja circuitos exclusivos para alimentação das luminárias com função de "emergência", distribuídos ao longo da edificação, conforme instrução da norma técnica específica (ABNT NBR 10 898), e que essas sejam claramente identificadas (redes e luminárias) em relação às demais distribuições.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR IEC-60050. *Vocabulário eletrotécnico internacional – Capítulo 826: Instalações elétricas em edificações.*

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Instalações elétricas de baixa tensão*. NBR 5410. Rio de Janeiro: 2004.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR-13534. *Instalações elétricas em estabelecimentos assistenciais de saúde – Requisitos para segurança.*

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR-13570. *Instalações elétricas em locais de afluência de público – Requisitos específicos.*

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT).NBR-14039. *Instalações elétricas de alta tensão (de 1,0kV a 36,2kV).*

• BARRETO, Paulo E. Q. M. *A importância do projeto e da documentação da instalação elétrica*. Aranda Editora, Revista Eletricidade Moderna, nº 310, janeiro/2000.

• BARRETO, Paulo E. Q. M. *Conformidade das instalações (VI).* Aranda Editora, Revista Eletricidade Moderna, nº 335, fevereiro/2002.

• BARRETO, Paulo E. Q. M. *Verificação final*. Aranda Editora, Revista Eletricidade Moderna, nº 340, julho/2002.

• BARRETO, Paulo E. Q. M. *Apostila do curso Conformidade das instalações elétricas de baixa tensão.* São Paulo: 2003.

• BARRETO, Paulo E. Q. M. *Glossário Lumière de instalações elétricas.* Editora Lumière. São Paulo: 2001.

• *Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – Confea.* Website: www.confea.org.br

• *Manual de Fundamentos do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.*

• MORENO, Hilton e SOUZA, José Rubens Alves de. *Guia EM da NBR 5410.* MM Editora. São Paulo: 2001.

• *Regulamentos, textos técnicos e normas das seguintes concessionárias: AES ELETROPAULO, CPFL, COPEL, CELPE, COELBA, CEMIG*

XIII
DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

Major PM Carlos Henrique de Araújo
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Capitão PM Adilson Antonio da Silva
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Introdução e conceitos básicos

A proposta conceitual do sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) é detectar o fogo em seu estágio inicial, a fim de possibilitar o abandono rápido e seguro dos ocupantes do edifício e iniciar as ações de combate ao fogo, evitando assim a perda de vidas, do patrimônio e também evitar contaminação do meio ambiente.

As ações de combate ao fogo podem ser iniciadas automaticamente pelo sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI), por meio do acionamento de um dispositivo de supressão ao fogo como, por exemplo, o disparo do sistema de gases limpos dentro de uma sala de CPD.

O SDAI é constituído basicamente pelos seguintes componentes: detectores automáticos de incêndio, acionadores manuais, painel de controle (processamento), meios de aviso (sinalização), fonte de alimentação elétrica e infra-estrutura (eletrodutos e circuitos elétricos).

O SDAI possui três elementos básicos dentro do conceito operacional do sistema, que podemos descrevê-los como detecção, processando e aviso (sinalização). O primeiro elemento (detecção) é a parte do sistema que "percebe" (detecta) o incêndio.

O segundo elemento envolve o processando do sinal do detector de incêndio ou acionador manual enviado do local do fogo até a central de processamento ou central de alarme.

Por último, o sistema de processamento da central ativa o aviso por meio de sinalização visual e/ou sonora, com o objetivo de alertar os ocupantes e também acionar dispositivos auxiliares para operação de outros sistemas (como por exemplo: sistema de controle de fumaça, pressurização das escadas, abertura e fechamento de portas ou dampers, acionamento de elevadores ao piso de descarga, acionar chamadas telefônicas etc.).

A detecção de um incêndio ocorre por intermédio dos fenômenos físicos primários e secundários de uma combustão. Podemos citar como exemplos de fenômenos físicos primários a radiação visível e invisível do calor da chama aberta e a variação de temperatura do ambiente devido a um incêndio e exemplos de fenômenos secundários a produção de fumaça e fuligem.

O ajuste da sensibilidade dos detectores é fundamental para se evitar a ocorrência de alarmes falsos. Os fenômenos secundários são mais fáceis de serem detectados, pois tais efeitos não se confundem com as condições de um ambiente em situação normal, o que permite definir uma sensibilidade maior de atuação do sensor; já o ajuste de um sensor para detectar a variação de temperatura do ambiente em razão de uma combustão traz maior dificuldade, pois variações de temperatura ocorrem em um ambiente em situação de normalidade.

Devido ao efeito físico da subida do ar quente, normalmente os detectores de temperatura e fumaça são instalados no teto de um ambiente, porém há necessidade de se levar em consideração a temperatura junto ao teto que pode sofrer aquecimento devido principalmente à radiação solar, iluminação ou sistemas de condicionamento de ar, formando um colchão de ar quente que não permite o contato da fumaça ou do calor gerado no princípio de um incêndio com o detector no teto, impedindo ou retardando a detecção. Esse fenômeno é chamado de estratificação. Quando o ar (contendo partículas de fumaça) aquecido por meio da combustão do incêndio, torna-se menos denso que o ar ambiente, a fumaça gerada não terá força de ascensão suficiente para vencer este efeito e não

atingirá o detector no teto. Quando as proporções do fogo aumentar, a temperatura da coluna de ar em ascensão aumentará e poderá vencer o efeito da estratificação, ocorrendo então a detecção, porém retardada.

Em ambientes dotados de sistemas de ar-condicionado e/ou tetos cujas características de isolação permitam um aumento ou diminuição da temperatura no ambiente, provocados por influências externas (por exemplo, sol, ventos, frios, etc.), poderá ocorrer o fenômeno da estratificação (ver figura 1 abaixo).

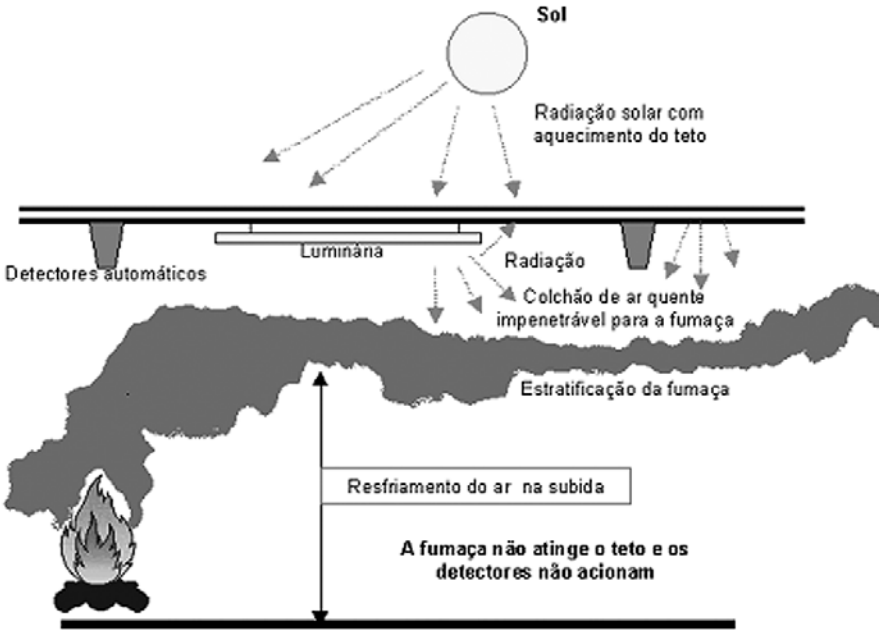


FIGURA 1: Efeito da estratificação da fumaça

2. Definições básicas

2.1. SISTEMA DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO (SDAI)

Conjunto de equipamentos destinados a gerar um alarme ou uma ação automática de extinção quando um de seus componentes atuar em função da presença de uma das características físico-químicas de um incêndio.

2.2. CENTRAL DE DETECÇÃO E ALARME DE INCÊNDIO

Equipamento destinado a processar os sinais provenientes dos circuitos de detecção e alarme, convertendo-os em indicações (informações) adequadas, bem como a comandar e controlar os demais componentes do sistema (sirenes, sinalização visual, subcentrais, dispositivos de combate etc.).

2.3. CENTRAL SUPERVISORA

Central que supervisiona uma ou várias subcentrais por uma fiação própria. O controle dessa rede de fiação própria contra curto-circuito e interrupção é feito pela central supervisora, que pode atuar sobre as subcentrais, mas em caso de perda dessa interligação a subcentral deve funcionar de acordo com programação própria.

2.4. SUBCENTRAL

Central de detecção, alarme e controle autônomo com todos os componentes de supervisão dos circuitos de detecção e de comando com lógica de interação e fonte com bateria própria. Essa central é supervisionada por

outra central a distância, mas, em caso de alarme, a subcentral não depende do controle da central supervisora para ativar alarmes, sinalização e controles de acordo com uma lógica previamente nela programada. A supervisão dos circuitos para controle da subcentral é feita pela central supervisora ou por uma central remota (autônoma) com quadro sinótico e controles a distância. A subcentral pode ter controles manuais externos, mas, como muitas vezes o lugar da instalação não é permanentemente vigiado, os controles manuais devem estar cobertos por uma barreira física que somente pode ser aberta por um dispositivo adequado e por pessoal autorizado.

2.5. PAINEL REPETIDOR

Equipamento comandado pela central ou pelos detectores, destinado a sinalizar de forma visual e/ou sonora, no local da instalação, ocorrências detectadas pelo sistema. Pode ser do tipo paralelo com os indicadores alinhados e texto escrito, ou do tipo sinótico em que a planta da edificação é reproduzida em desenho com a indicação do lugar da área supervisionada.

2.6. DETECTOR AUTOMÁTICO PONTUAL

Dispositivo destinado a operar quando influenciado por determinados fenômenos físicos ou químicos que precedem ou acompanham um princípio de incêndio na área (local) de sua instalação.

FIGURA 2: Modelos de detectores automáticos

2.7. DETECTOR AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PONTUAL

Dispositivo destinado a atuar quando a temperatura ambiente ou o gradiente da temperatura ultrapassa um valor predeterminado na área (local) de sua instalação.

2.8. DETECTOR AUTOMÁTICO DE FUMAÇA PONTUAL

Dispositivo destinado a atuar quando ocorre presença de partículas e/ou gases, visíveis ou não, e de produtos de combustão, na área (local) de sua instalação.

2.9. DETECTOR LINEAR

Detector destinado a atuar quando ocorre a presença de partículas e/ou gases, visíveis ou não, e de produtos de combustão, ou a variação anormal de temperatura ao largo da linha imaginária de detecção, no caso de sistemas ópticos com transmissor e receptor, ou ao longo de uma linha física de sensoriamento que pode ser instalada reta ou curvada para passar pela área, de tal maneira que supervisione os pontos de maior periculosidade na menor distância possível. Para a detecção dos fenômenos do incêndio, o detector linear contém um ou dois pontos de sensoriamento nos extremos da linha física ou imaginária de detecção. Nota: Não deve existir alteração na sensibilidade da detecção ao longo dessa linha.

2.10. DETECTOR AUTOMÁTICO DE CHAMA

Dispositivo destinado a atuar em resposta a uma radiação de energia, dentro ou fora do espectro visível, resultante de um princípio de incêndio dentro da sua área de captação (visão).

2.11. ACIONADOR MANUAL

Dispositivo destinado a transmitir a informação de um princípio de incêndio, quando acionado manualmente por um usuário da edificação.

2.12. INDICADOR

Dispositivo que sinaliza sonora ou visualmente qualquer ocorrência relacionada ao sistema de detecção e alarme de incêndio, especialmente para facilitar a busca do local de alarme pelo pessoal de intervenção. Pode ser controlado pelos detectores automáticos, pelos acionadores manuais ou pela central.

2.13. AVISADOR

Dispositivo previsto para chamar a atenção de todas as pessoas dentro de uma área em perigo, controlado pela central.

2.14. INDICADOR SONORO

Dispositivo destinado a emitir sinais acústicos.

2.15. INDICADOR VISUAL

Dispositivo destinado a emitir sinais visuais.

2.16. AVISADOR SONORO E VISUAL DE ALERTA

Dispositivo que emite sinais de alerta audíveis e visuais, combinados. Nota: não é permitida a utilização de avisadores visuais nas áreas com pessoal não-qualificado como único alarme de alerta, devendo ser completados por sinal acústico. Os avisadores chamando a atenção para saídas de emergência, obstáculos ou outros, desde que não utilizados como primeiro alarme, podem ser do tipo unicamente visual.

2.17. CIRCUITO DE DETECÇÃO

Circuito no qual estão instalados os detectores automáticos, acionadores manuais ou quaisquer outros tipos de sensores pertencentes ao sistema. Recomenda-se que esses circuitos sejam instalados em classe A.

2.18. CIRCUITO DE DETECÇÃO CLASSE A

Todo circuito no qual existe a fiação de retorno à central (laço de ida e volta – circuito redundante), de forma que uma eventual interrupção em qualquer ponto desse circuito não implique paralisação parcial ou total de seu funcionamento. Nota: Recomenda-se que o circuito de retorno à central tenha trajeto distinto daquele da central proveniente.

2.19. CIRCUITO DE DETECÇÃO CLASSE B

Todo circuito no qual não existe a fiação de retorno à central, de forma que uma eventual interrupção em qualquer ponto deste circuito implique paralisação parcial ou total de seu funcionamento.

2.20. CIRCUITO DE SINALIZAÇÃO E DE ALARME

Circuito no qual estão instalados os indicadores e/ou avisadores. Podem ser instalados em classe A.

2.21. CIRCUITO AUXILIAR

Circuito destinado ao comando e/ou supervisão de equipamentos relativos à prevenção e/ou ao combate a incêndios. Podem ser instalados em classe A.

2.22. PROTEÇÃO NECESSÁRIA CONTRA AÇÃO DO FOGO E DEFEITOS

Proteção contra ação do fogo e defeitos dos circuitos de detecção, alarme, sinalização, controles auxiliares, central, alimentação, fiação de interligação, visando garantir o funcionamento do sistema durante um período de tempo suficiente para salvaguardar vidas e patrimônio. Nota: Nenhum curto-circuito ou interrupção na fiação pode pôr em risco pessoas ou o patrimônio supervisionado.

2.23. ALARME GERAL

Ativador de alarmes com programação específica na central, que permite simultaneamente a ativação de todos os alarmes de abandono de uma área ou de todo o prédio, incluindo a sinalização de abandono por meio de dispositivos especiais na central ou no campo. A forma de ativação desse alarme e os elementos de segurança contra o mau uso do alarme-geral dependem da central utilizada e do tipo de prédio e sua ocupação, considerando os riscos específicos a serem supervisionados.

3. Seleção de um sistema

Todo incêndio se distingue pelas suas características intrínsecas. Cada uma das características presentes em um incêndio tem natureza bastante diversa. Assim sendo, a proteção adequada de determinada área ou equipamento somente será possível após cuidadoso estudo de todas as particularidades do edifício, visando ao emprego do tipo de sistema mais eficaz em cada caso. Um sistema bem implantado para proteção da vida e da propriedade é aquele adequadamente planejado, capaz de interligar dispositivos para gerar resultados confiáveis quanto à informação de princípios de incêndio (por meio de indicações sonoras e visuais, conjuntamente) e capaz de controlar os dispositivos de segurança e de combate automático instalados no prédio. Pesquisas científicas sobre propagação do fogo e movimento de fumaça e calor dentro de edifícios têm gerado ferramentas e informações úteis para os projetistas de proteção contra incêndio subsidiando a elaboração de um bom projeto de detecção e alarme de incêndio. Ao se projetar um sistema de detecção e alarme de incêndio (SDAI) será necessário primeiramente estabelecer os objetivos ou metas do sistema. Esses objetivos ou metas são muitas vezes estabelecidos por meio das regulamentações, normas, gerenciamento de risco da empresa, necessidade do usuário (proprietário), requisitos das seguradoras e solicitações da autoridade local.

Podemos dividir estes objetivos em quatro categorias básicas:

- Proteção da vida.
- Proteção da propriedade.
- Proteção empresarial.
- Proteção ao meio ambiente.

Quando se projeta um SDAI para proteção da vida, será necessário assegurar um aviso rápido sobre a ocorrência de um princípio de incêndio, ou seja, o sistema tem de prover um aviso em tempo suficiente para o total abandono da área em risco antes que as condições se tornem insustentáveis. O SDAI poderá ativar outros sistemas de proteção contra incêndio como, por exemplo, sistemas de extinção e sistemas de controle de fumaça, que são bastante úteis na manutenção de um ambiente seguro durante o incêndio, contribuindo assim para a proteção da vida.

A proteção da propriedade visa principalmente ao aspecto econômico, pois tem como objetivo minimizar danos materiais à propriedade (estrutura e conteúdo armazenado). As perdas máximas admitidas são estabelecidas pelo proprietário ou pelo gerenciamento de risco. O sistema nesse caso deve detectar o incêndio dentro de um tempo suficiente para assegurar o combate ao fogo manualmente ou automaticamente, antes que o incêndio exceda os níveis aceitáveis de danos.

A proteção empresarial, por sua vez, tem como objetivo evitar que danos materiais causados pelo fogo venham prejudicar os negócios da empresa. Alguns itens a serem considerados no projeto são: perda das operações fundamentais e processos da empresa; perda de mercadorias acabadas; perda de negócios para competidores durante tempo de manutenção ou reparo. Outras preocupações incluem a disponibilidade e tempo para reposição do equipamento. Se o equipamento requer um tempo longo para reposição e prejudicará a produção e, conseqüentemente, o negócio da empresa, então o projeto do SDAI deve considerar esse aspecto, prevendo uma proteção adequada, conciliando inclusive meios de extinção automática nesses equipamentos essenciais (como extinção por gases limpos).

Por último, temos o objetivo de proteção ao meio ambiente, que também é uma preocupação da proteção contra incêndio. Nesse aspecto, o SDAI deve se preocupar principalmente quanto à contaminação do meio ambiente seja pela emissão na atmosfera de produtos tóxicos e poluentes resultados da combustão do incêndio ou pela contaminação da água descartada usada no combate de um incêndio de grandes proporções. O sistema tão logo detecte o princípio do fogo, deve iniciar automaticamente uma resposta apropriada para supressão do incêndio, evitando assim queima de quantidade significativa de materiais potencialmente nocivos ao meio ambiente.

Enfim, os vários cenários que podem surgir de um incêndio devem ser avaliados para se definir o melhor projeto de um sistema de detecção. Esses cenários de incêndio predeterminados devem incluir a melhor e a pior situação de incêndio que o ambiente analisado pode gerar, considerando-se as características construtivas do edifício, sua utilização, tipo de ocupação predominante, condições climáticas (efeito da estratificação) e o uso de ar condicionado (movimentação de ar). Esses fatores são fundamentais para se definir o tipo de sistema e a lógica a ser implantada.

4. Tipos de sistemas

Os tipos de SDAI podem ser classificados como segue:

- Sistema convencional.
- Sistema endereçável.
- Sistema microprocessado.

4.1. SISTEMA CONVENCIONAL

Foram os primeiros SDAI a surgirem no mercado. Possuem sistema operacional bem simples e por isso suas informações são bem limitadas. Geram informações baseadas na transmissão de níveis de tensão.

Os níveis de informações geradas na central limitam-se basicamente a quatro situações: operação normal; alarme; falha; e, circuito aberto ou em curto. As centrais convencionais não possuem CPU.

FIGURA 3: Exemplo de central de alarme convencional. Fonte: Siemens

4.2. SISTEMA ENDEREÇÁVEL

Baseados em técnicas de codificação por pulsos (PCM - Pulse Code Modulation), as informações são processadas em uma CPU que, por sua vez, reconhece o código do dispositivo acionado e disponibiliza na central a exata localização do ponto alarmado, ou seja, por meio da modulação de sinais (codificação) passa a existir uma comunicação entre central e o equipamento remoto (detectores; acionadores manuais; módulos de supervisão e comando etc.).

Cada dispositivo possui um código de endereçamento, ou seja, possui um “endereço” próprio, assim a sua localização precisa na edificação se torna possível, uma vez conhecido o endereço sabe-se exatamente o local da edificação onde há o possível princípio de incêndio.

A CPU controla todo o sistema e mostra as informações por meio de LCD (visor de cristal líquido). Possui comunicação do tipo “half duplex” (única via), o que limita o número de dispositivos no sistema, pois o processamento das informações fica lento à medida que se aumenta o número de endereços.

Cada fabricante de SDAI desenvolveu sua própria codificação (PCM), criando um sistema no qual somente os equipamentos do mesmo fabricante comunicam-se entre si, ou seja, um equipamento endereçável do fabricante A só pode ser ligado à central endereçável do fabricante A e assim por diante.

Já no sistema convencional os equipamentos de fabricantes distintos (em sua maioria) são compatíveis entre si.

4.3. SISTEMA MICROPROCESSADO

Conhecido também como sistemas inteligentes (tecnologia digital), com transmissão de dados binários (informações representadas exclusivamente por números “0” ou “1”), em alta velocidade, multiplexados (tecnologia essa que permite transmitir simultaneamente várias mensagens no mesmo canal de transmissão).

A central disponibiliza um conjunto completo de informações sobre o(s) evento(s) diverso(s). Possui um processador principal e outros secundários, hierarquizando as comunicações e a administração de eventos.

Esse sistema é totalmente programável e permite ao usuário estabelecer várias rotinas simultâneas, por meio da tecnologia digital (microprocessada), que possui comunicação do tipo “full duplex” (ambas as direções).

Vantagens do sistema microprocessado em relação aos outros tipos:

• Gerencia mais informações ao mesmo tempo.

• Informações mais detalhadas.

• Informações mais confiáveis.

• Ações mais complexas, e possibilita transitar informações diferentes de alarme, por exemplo, segurança e/ou supervisão.

Desvantagens:

• Operadores devem ser mais qualificados.

• Lógicas de funcionamento devem ser previstas antes da instalação ser iniciada.

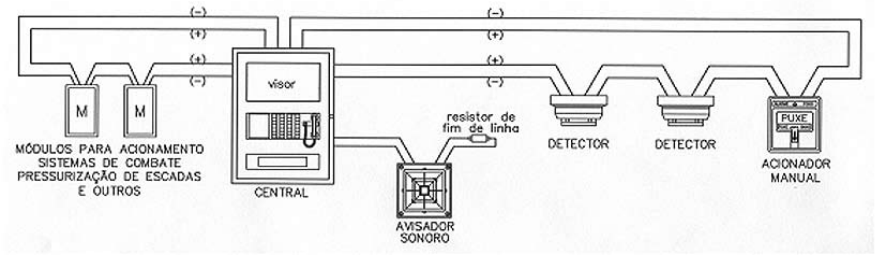


FIGURA 4: Exemplo de sistema microprocessado – circuito classe A

FIGURA 5: Exemplo de central de alarme microprocessada. Fonte: Siemens

5. Tipos de detectores e acionadores manuais

5.1. DETECTORES PONTUAIS

Os detectores pontuais são projetados para agirem em pontos estratégicos, fixos, com abrangência de uma área de atuação predeterminada. O detector é um ponto fixo e imóvel dentro dessa área. A fumaça ou calor produzido no ambiente deverá passar por ele para sensibilizá-lo. Caso exista uma corrente de ar no local (ar-condicionado por exemplo), pode haver um deslocamento contrário da fumaça ou do calor em sentido oposto ao detector, assim não ficará sensibilizado e o alarme não se produzirá no tempo esperado.

5.1.1. DETECTORES DE FUMAÇA

• **Tipo óptico:** baseado em uma câmara escura complementada com um emissor e um receptor que detectam a presença de partículas de fumaça em seu interior, seja por reflexão da luz ou por obscurecimento. Utilizados em ambientes no qual, num princípio de incêndio, haja expectativa de formação de fumaça antes da deflagração do incêndio propriamente dito. Recomendado em fogo de desenvolvimento lento. Exemplo: locais com presença de madeira, papel, tecidos e outros.

FIGURA 6: Detector óptico de fumaça

• **Tipo iônico:** atua mediante a presença de produtos de combustão visíveis ou invisíveis. Os detectores iônicos possuem duas câmeras ionizadas por uma fonte com baixo poder radioativo, sendo uma câmara de referência e outra de análise. Utilizados em ambientes em que, num princípio de incêndio, haja formação de combustão, mesmo invisível, ou fumaça, antes da deflagração do incêndio propriamente dito, locais com possível desenvolvimento rápido do fogo e alta liberação de energia. Exemplo: locais com presença de inflamáveis.

FIGURA 7: Detector iônico de fumaça

5.1.2. DETECTORES TÉRMICOS

Os detectores térmicos são instalados em ambientes nos quais a ultrapassagem de determinada temperatura indique seguramente um princípio de incêndio. Indicados para fogo com elevação de temperatura (quando a temperatura alcança um nível fixo). Indicados para sala de geradores, casa de máquinas, transformadores entre outros.

5.1.3. DETECTORES TERMOVELOCIMÉTRICOS

Os detectores termovelocimétricos atuam por meio de gradiente de temperatura, respondendo a uma elevação brusca de temperatura em pouco espaço de tempo ou quando essa temperatura atinge um valor predeterminado. Sua aplicação está especificamente indicada para incêndio que se inicia com uma elevação brusca de temperatura. Indicados também para locais onde não é conveniente utilizar detectores de fumaça, por exemplo: cozinha, lavanderias, garagem entre outros.

FIGURA 8: Detectores termovelocimétricos

5.2. DETECTORES LINEARES

Os detectores lineares são destinados a atuar quando ocorre a presença de partículas e/ou gases, visíveis ou não, e de produtos de combustão, ou a variação anormal de temperatura ao largo da linha imaginária de detecção. O detector se compõe de duas peças básicas, transmissor e receptor. O transmissor projeta luz infravermelha até um receptor, que, por sua vez, converte o feixe de luz em um sinal elétrico. Indicados para locais onde não é possível realizar detecção pontual (locais com grandes alturas e locais abertos).

FIGURA 9: Detectores lineares – emissor e receptor

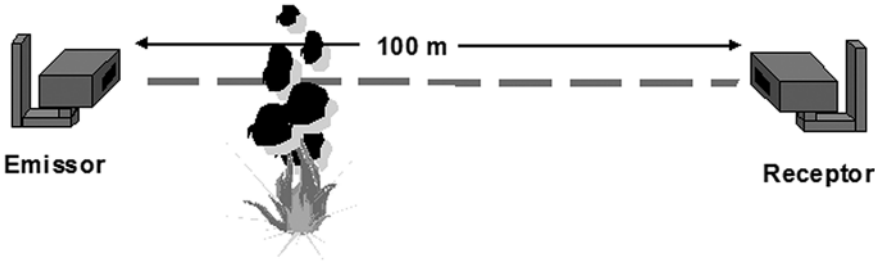


FIGURA 10: Esquema de ação dos detectores lineares

5.3. DETECTORES DE CHAMA

Os detectores de chama possuem dispositivo que indica a presença de partículas sólidas, vapores e/ou gases que compõem a fumaça de chamas. São utilizados em ambientes nos quais a chama é o primeiro indício de fogo. O sensor de chama é sensível aos raios ultravioletas presentes na chama do fogo. Por suas características de projeto, esse detector discrimina outras formas de raios, sendo, portanto, imune à luz natural. Recomenda-se que o detector de chama tenha dispositivo que indique sujeira na lente, necessitando limpeza. Indicados para áreas nas quais uma chama possa ocorrer rapidamente, tais como hangares, áreas de produção petroquímica, áreas de armazenagem e transferência, instalações de gás natural, cabines de pintura, solventes entre outros.

5.4. DETECTORES POR ASPIRAÇÃO

Detectores que agem colhendo amostras do ar por meio de tubulação (com furos programados) distribuída no ambiente a ser protegido e conduzindo as amostras do ar constantemente até uma câmara para ser analisadas. Um filtro na entrada da câmara não permite que partículas de poeira em suspensão possam causar alarmes falsos. A tubulação abrange uma área como se fosse um laço com detectores convencionais (vinte detectores). Indicados para salas com equipamentos elétricos, salas de telecomunicação, CPD, museus, catedrais, salas frigoríficas entre outros.

5.5. ACIONADORES MANUAIS

São dispositivos usados para iniciar o alarme de forma manual. Devem ser instalados em locais de trânsito de pessoas (halls, corredores, junto às saídas de ambientes, circulações em geral), de forma a facilitar sua localização e acionamento.

Os acionadores manuais devem conter instruções de operação impressas em português no próprio corpo, de forma clara e em lugar facilmente visível. Devem conter dispositivo que dificulte o acionamento acidental, porém facilmente destrutível no caso de operação intencional. Os acionadores mais usados são:

a) tipo “quebre o vidro”, em que ao se pressionar o vidro ou outro material flexível transparente de proteção fecha-se o circuito, informando o evento à central.

b) acionador de “dupla ação”, no qual se retira (ou quebra-se) primeiramente uma proteção externa transparente em forma de tampa e então aciona-se a alavanca do alarme pressionando-a para baixo.

FIGURA 11: Acionadores manuais

6. Noções normativas de dimensionamento

6.1. CIRCUITO

O circuito de detecção e alarme de incêndio deve ser projeto de forma que a ação do fogo não impeça o seu funcionamento dentro do tempo estipulado e necessário para a tomada de todas as ações de segurança da edificação, seja o abandono do prédio ou as ações de controle e combate.

Os tempos exigidos variam entre trinta minutos e três horas, dependendo das circunstâncias na edificação e dos riscos para a vida humana e patrimonial, devendo o projetista do sistema definir qual o tempo adequado e nível de proteção, levando-se em conta vários fatores relacionados ao prédio, ao risco e à gravidade do sinistro.

Não se deve montar a fiação do sistema de detecção, alarme e controle em conjunto na mesma prumada com cabos de alimentação de energia elétrica sem proteção.

Os circuitos devem ser instalados em condutos antichama, e quando aparente, os condutos devem ser metálicos. Os condutores (circuito) devem ser de cobre, rígidos (ou flexíveis), ter isolação termoplástica ou de outros materiais isolantes resistentes ao fogo com uma tensão de prova mínima de 600 V e diâmetro mínimo de 0,60 mm por razões de resistência mecânica.

Para o dimensionamento elétrico dos condutores, a máxima queda de tensão admissível para os circuitos de detecção é de 5% e, para os circuitos de alarme e auxiliares, de 10%.

No caso de perda de um ou vários equipamentos de alarme ou de sinalização pela ação do fogo, os outros equipamentos no mesmo circuito devem continuar funcionando. Recomenda-se que o sistema tenha redundância no funcionamento e que os circuitos sejam instalados em classe A.

O sistema de proteção deve ser tal que não comprometa a capacidade das baterias da central, quando solicitado na corrente de curto-circuito.

6.2. CENTRAL

Deve ser localizada em áreas de fácil acesso, segura e sob vigilância humana (por exemplo, portarias principais de edifícios, salas de bombeiros ou segurança, etc.).

A área de instalação da central não deve estar próxima a materiais inflamáveis ou tóxicos, bem como o entorno da sala não deve ter materiais de fácil combustão ou que comprometa à segurança do local e das pessoas que operam o sistema. Quando enclausurada, essa área deve ser ventilada e protegida contra a penetração de gases e fumaça.

As informações geradas pela central do SDAI ao usuário do sistema devem ser na língua oficial do país (português).

A disposição da central deve permitir visualização fácil e rápida das informações, porém o acesso aos controles da mesma deve ser restringido somente ao pessoal habilitado e autorizado.

A central do SDAI deve permanecer em posição de alarme automático, podendo ter um retardo máximo de um minuto entre o sinal de sinistro e o alarme geral, no caso de não ser tomadas as providências cabíveis. Deve possuir também dispositivo de fácil acesso para acionamento manual do alarme geral e “reset”.

A central deve supervisionar todos os circuitos, acusando falhas ou defeitos existentes.

O percurso máximo de caminhamento da sala onde se localiza a central do SDAI até um local seguro não pode ser superior a 25 m.

A(s) bateria(s) do SDAI deve(m) ser instalada(s) em local protegido, adequado ao tipo da bateria, de forma a evitar danos à saúde e a quaisquer equipamentos e materiais existentes no local. O local de instalação da(s) bateria(s) deve ainda ser ventilado e deve permitir fácil acesso para manutenção.

6.3. DETECTORES AUTOMÁTICOS DE INCÊNDIOS PONTUAIS

A área normativa de atuação dos detectores parte do princípio que o ambiente não sofre movimentação de ar exagerada, ou seja, a velocidade do ar deve ser menor que 1 m/s, e que não haja restrições para que os gases quentes e a fumaça atinjam o teto (efeito da estratificação).

6.3.1. DETECTORES DE FUMAÇA

A área máxima de ação desses detectores é de oitenta e um metros quadrados, para instalação em tetos planos, ambientes sem condicionamento de ar. A altura máxima de norma de instalação dos detectores de fumaça é de oito metros. A área de oitenta e um metros quadrados pode ser considerada como um quadrado de nove metros de lado, inscrito em um círculo cujo raio será igual a 0,7 vez o lado deste quadrado (0,7 x 9,0 = 6,3m, vide figura 12).

Em instalações em que haja a possibilidade de ocorrer o fenômeno da estratificação (vide conceitos acima), será necessária a previsão de detectores alternadamente no teto e em níveis abaixo dele.

A operação de qualquer tipo de detector de fumaça depende da entrada de fumaça em sua câmara. Quando existir uma concentração de fumaça suficiente nessa câmara, haverá a operação do detector. Como os detectores são normalmente montados no teto, o tempo de resposta do detector depende da natureza do fogo e das características do ambiente. Dessa forma, em determinadas situações é recomendável que se instalem detectores no teto e em níveis abaixo dele.

A área de ação dos detectores de fumaça diminui à medida que aumenta o volume de ar trocado no ambiente. A redução da área de ação do detector a ser aplicada em função da troca de ar deve ser analisada conforme normas e recomendações do fabricante. Áreas interligadas com o mesmo fluxo do ar devem ser analisadas individualmente (por exemplo: piso falso, forro falso).

Em ambientes dotados de sistemas de ar-condicionado, ventilação forçada ou aberturas que provoquem fluxo de ar no ambiente, os detectores devem ser instalados, preferencialmente, próximos aos retornos deste fluxo ou dentro dos dutos e na área, evitando-se a instalação destes próximo aos pontos de insuflação ou entrada de ar fresco nesse ambiente.

Cuidados especiais devem ser tomados para projetos com detectores de fumaça em salas ou depósitos com armazenamento de materiais em prateleiras altas, pois a distribuição de detectores deve ser executada no teto e nos níveis das prateleiras ou estantes, de acordo com recomendações de norma e do fabricante do equipamento.

Os detectores de fumaça devem estar localizados no teto, a menos de 0,15 m da parede lateral ou, em casos específicos, na parede lateral, a uma distância entre 0,15 m e 0,30 m do teto (ver Figura 14).

A distância entre um detector e a parede lateral adjacente deve ser no máximo igual a 4,5 metros.

A escolha do detector de fumaça deve ser feita de acordo com o material contido na área supervisionada, com sua sensibilidade comprovada nos ensaios de fogo real para o tipo de detector escolhido (ver NBR 11836).

Os tipos mais utilizados de detectores de fumaça nas instalações são:

a) iônicos: utilizados em ambientes nos quais, num princípio de incêndio, haja formação de combustão, mesmo invisível, ou fumaça, antes da deflagração do incêndio propriamente dito.

b) ópticos: utilizados em ambientes nos quais, num princípio de incêndio, haja expectativa de formação de fumaça, antes da deflagração do incêndio propriamente dito.

6.3.2. DETECTORES DE TEMPERATURA

A área de ação a ser empregada para estes detectores é de 36 m^2 para uma altura máxima de instalação de 7,00 m. A área de 36 m^2 pode ser considerada como um quadrado de 6,0 m de lado, inscrito em um círculo cujo

raio será igual a 0,7 vez o lado deste quadrado (0,7 x 6,0m = 4,2m). Para proteção de áreas de formas retangulares, os retângulos correspondentes a estas áreas, devem estar contidos no círculo referido de raio 4,2m (ver figura 12).

Os detectores de temperatura devem estar localizados no teto, a menos de 0,15 m da parede lateral ou, em casos específicos, na parede lateral, a uma distância entre 0,15 m e 0,30 m do teto (ver Figura 14).

A distância entre qualquer detector e a(s) parede(s) adjacente(s) não deve ser superior a 3,0m (metade da raiz quadrada da área de ação do detector).

Os tipos mais utilizados de detectores de temperatura são:

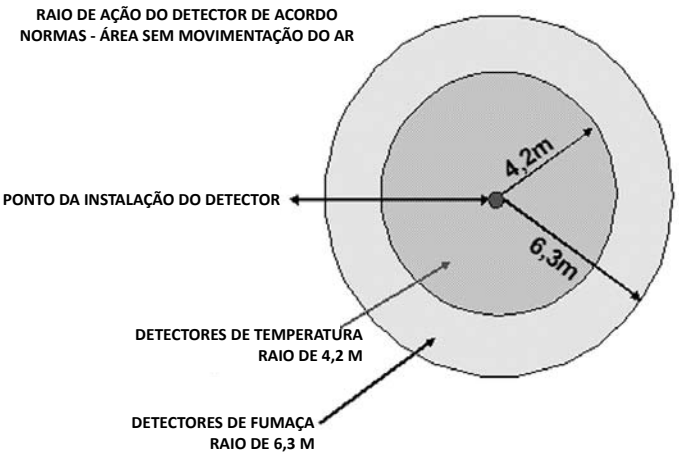


FIGURA 12: Raio de ação dos detectores de fumaça e de temperatura

a) térmicos: instalados em ambientes nos quais a ultrapassagem de determinada temperatura indique seguramente um princípio de incêndio.

b) termovelocimétricos: instalados em ambientes nos quais onde a rapidez no aumento da temperatura indique inequivocamente um princípio de incêndio.

6.4. DETECTORES LINEARES

Esses detectores são usados nos locais nos quais não é possível realizar detecção pontual (locais com grandes alturas e locais abertos). A distância longitudinal de funcionamento entre o transmissor e o receptor oscila entre 10,00 e 100,00 metros (dependendo do fabricante), com distâncias laterais máximas de até 7,50 metros por lado do eixo.

6.5. DETECTORES DE CHAMA

São instalados em ambientes nos quais a primeira conseqüência imediata de um princípio de incêndio seja a produção de chama. Sua instalação deve ser executada de forma que seu campo de visão seja suficiente e não impedido por obstáculos para assegurar a detecção de foco de incêndio na área por ele protegida. Deve-se avaliar o desempenho do equipamento em razão da fumaça no ambiente (que poderá afetar a leitura do equipamento); assim, define-se a distância ideal do foco do incêndio ao detector.

6.6. DETECTORES ESPECIAIS

Outros tipos de detectores podem ser aceitos desde que haja norma que regule seu funcionamento e desempenho, bem como teste de conformidade em laboratórios específicos. Nesse caso, deverá também haver uma avaliação do sistema com a devida aceitação da autoridade local competente.

6.7. ACIONADORES MANUAIS

Devem ser instalados em locais de maior probabilidade de trânsito de pessoas em caso de emergência, tais como: nas saídas de áreas de trabalho, lazer, em corredores, halls, saídas de emergência para o exterior, etc. Devem ser instalados a uma altura entre 1,20 m e 1,60 m do piso acabado na forma embutida ou de sobrepor. No caso de instalação embutida, deve ser prevista uma sinalização na parede ou no teto em uma altura máxima de 2,5 m.

A distância máxima a ser percorrida, livre de obstáculos, por uma pessoa em qualquer ponto da área protegida até o acionador manual mais próximo não deve ser superior a 16 m e a distância entre os acionadores não

deve ultrapassar 30 m (essas distâncias de percurso podem ser alteradas em razão das legislações regionais e das regulamentações do corpo de bombeiros).

Em prédios com múltiplos pavimentos, cada andar da edificação deve ter pelo menos um acionador manual.

Os acionadores manuais devem possuir dentro de seu invólucro dispositivo de supervisão ("leds") que indique seu funcionamento, defeito ou alarme, sendo na cor verde indicando seu perfeito funcionamento e na cor vermelha indicando alarme ou defeito (essa supervisão poderá ser dispensada pela autoridade local compentente, desde que na central haja supervisionamento de todos os acionadores).

6.8. AVISADORES

Os avisadores podem ser sonoros, visuais (luminosos) ou misto (sonoros e visuais). Devem ser instalados em quantidades suficientes, em locais que permitam sua visualização e/ou audição na área protegida.

Os avisadores controlados pela central podem ter indicações de funcionamento no próprio invólucro (ou perto dele) ou podem ser supervisionados pela central.

Os indicadores utilizados para facilitar a busca do ponto de alarme podem ter a visibilidade reduzida a 5 m e a intensidade sonora entre 40 dB e 60 dB, quando instalados em corredores com altura não superior a 3,5 m.

O volume acústico do som dos avisadores não pode ser tal, que iniba a comunicação verbal. No caso de falta de intensidade de som em um ponto distante, deve ser aumentada a quantidade de equipamentos.

FIGURA 13: Modelo de avisadores

Os avisadores não podem ser instalados em áreas de saída de emergência como corredores ou escadas.

O som e a freqüência de repetição devem ser únicos na área e não podem ser semelhantes a outros sinalizadores que não pertençam à segurança de incêndio.

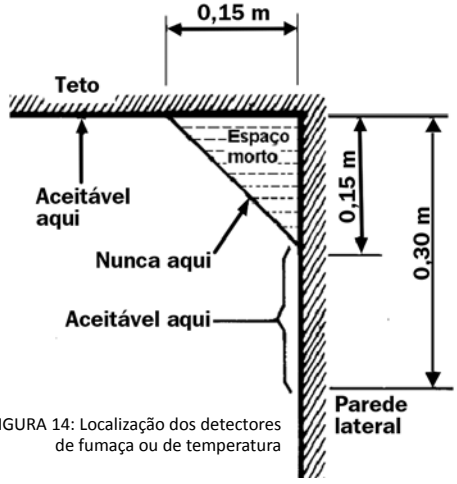


FIGURA 14: Localização dos detectores de fumaça ou de temperatura

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio.* NBR 9441. Rio de Janeiro: 1998.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio.* NBR 11836. Rio de Janeiro: 1992.

• NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Fire Protection Engineering.* 2nd Edition. Massachusetts (EUA): 1995.

XIV
ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Major PM Carlos Henrique de Araújo

Capitão PM Acacio Tarcisio Guberovich

1. Introdução

Quando o incêndio ocorre em um edifício, a dificuldade da visibilidade em corredores, escadas e passagens pode significar a diferença entre uma evacuação ordenada e o caos, a diferença entre a vida e a morte. A história mostra que nos casos de incêndio em edificações o número de vítimas que sucumbiram em virtude de não conseguirem sair do edifício em razão da dificuldade de enxergar as saídas é significativo.

O sistema de iluminação de emergência complementa a viabilidade da saída dos ocupantes do edifício, portanto não pode ser concebido isoladamente dos demais sistemas de segurança da edificação.

É preferível que essa iluminação seja feita mediante luminárias instaladas próximo ao piso, pois assim corre-se menos risco de vê-las obscurecidas pela fumaça. De forma alternativa, a luminária deve estar abaixo da altura máxima do escape natural da fumaça.

Um sistema de iluminação de emergência bem dimensionado utiliza uma fonte de energia independentemente da fonte normal de alimentação do edifício, que mantém a iluminação necessária de forma automática, em caso de interrupção da fonte de energia normal, em conseqüência de qualquer falha. A entrada automática do sistema de iluminação de emergência deve realizar-se em qualquer caso de falha da alimentação principal, por abertura do disjuntor, fusível ou qualquer manobra que interrompa o sistema normal de iluminação.

A viabilidade da iluminação das rotas de fuga é muito importante. Lanternas portáteis não são utilizadas habitualmente como fonte de iluminação normal das saídas, porém podem ser utilizadas como fonte de emergência respeitando-se as restrições impostas pelas normas.

Os materiais luminescentes, fluorescentes ou refletivos não podem ser substitutos de uma iluminação de emergência, já que não podem fornecer a intensidade luminosa suficiente; entretanto, o uso de materiais dessa natureza contribui para a sinalização das rotas de fuga ou até permitem a iluminação, mesmo que deficiente em certos ambientes que exigem a iluminação ininterrupta. Exemplo de tal situação seria a pintura de teto em uma sala de UTI.

O sistema de iluminação de emergência deve ter autonomia adequada às exigências de segurança ao uso do edifício.

O conteúdo técnico deste capitulo consiste no extrato das disposições da NBR10898 – Sistema de Iluminação de Emergência, exposto de forma simples, buscando apresentar os conceitos básicos de um sistema de iluminação de emergência. Para a elaboração de um projeto de iluminação de emergência e a devida instalação com todas as suas peculiaridades, a norma deve ser consultada.

2. Definições

A **luz** é a energia eletromagnética em forma de onda, de determinado comprimento de onda e freqüência (3.7 x 1014 at´e 8.3 x 1014 Hz). Na luminotécnica distinguem-se 05 (cinco) grandezas[1]:

[1] BRAGA, Luiz Antonio Fernandes. **Simulação de Rota de Fuga e Sinalização Utilizando Multi-Agentes e Realidade Virtual.** RJ, 2006, pág. 7.

1) Intensidade luminosa I: A intensidade de irradiação medida numa determinada direção é chamada de intensidade luminosa. Sua unidade de medida é uma candela (cd).

2) Fluxo luminoso ϕ : É a potência luminosa irradiada por uma fonte luminosa em todas as direções. É medido em lúmen (lm). Um lúmen é a energia luminosa irradiada por uma candela sobre uma superfície esférica de um m^2 cujo raio é de 1 m. Assim o fluxo luminoso originado por uma candela é igual à superfície de uma esfera unitária de raio (r = 1 m).

$$\phi = 4\pi r^2 = 12{:}57\ lm$$

3) Iluminamento E: É a intensidade luminosa uniforme por m^2.
Iluminamento = Fluxo luminoso em lúmen / Área em metros quadrados.

4) Luminância B: A luminância de uma fonte luminosa ou de uma superfície luminosa estabelece a reação visual da vista. Sua unidade de medida é Stilb (sb). Quando a luz de uma fonte ou de uma superfície que reflete a luz atinge a vista com elevada luminância, então ocorre o ofuscamento.
Luminância = Intensidade luminosa / área da lâmpada.

5) Eficiência luminosa: η a potência luminosa de uma fonte, em lúmen, referida a 1 W de potência absorvida. Sua unidade é o lm/W.

Autonomia do sistema: Tempo mínimo em que o sistema de iluminação de emergência assegura os níveis de iluminância exigidos.

Fonte de energia alternativa: Dispositivo destinado a fornecer energia elétrica ao(s) ponto(s) de luz de emergência na falta ou falha de alimentação na rede elétrica da concessionária.

Iluminação de ambiente ou aclaramento: Obrigatória nas áreas de risco e rotas de fuga (horizontal e vertical) de tal forma que os ocupantes da edificação não tenham dificuldades de transitar por elas. Deve garantir um nível mínimo de iluminamento de 5 lux em locais com desnível e 3 lux em locais planos.

Iluminação por sinalização ou de balizamento: Associada à sinalização de indicação de rotas de fuga, com a finalidade de orientar a direção e o sentido que as pessoas devem seguir em caso de emergência. O fluxo luminoso do ponto de luz de balizamento deve ser no mínimo igual a 30 lúmens.

Fluxo luminoso nominal: Fluxo luminoso medido após dois minutos de funcionamento do sistema.

Fluxo luminoso residual: Fluxo luminoso medido após o tempo de autonomia garantida pelo fabricante no funcionamento do sistema.

Iluminação auxiliar: Iluminação destinada a permitir a continuação do trabalho, em caso de falha do sistema normal de iluminação. Por exemplo: centros médicos, aeroportos, metrô, etc.

Iluminação permanente: As lâmpadas de iluminação de emergência são alimentadas pela rede elétrica da concessionária, sendo comutadas automaticamente para fonte de alimentação alternativa de energia no caso de falta ou falha da fonte normal.

Iluminação não permanente: As lâmpadas de iluminação de emergência são alimentadas pela rede elétrica da concessionária e, só na falta ou falha dela, são alimentadas automaticamente pela fonte alternativa de energia.

Ponto de luz: Dispositivo constituído de lâmpada(s) ou outros dispositivos de iluminação, invólucro(s) e/ou outros(s) componente(s) que têm a função de promover o aclaramento do ambiente ou a sinalização.

Rede de alimentação: Conjunto de condutores elétricos, dutos e demais equipamentos empregados na transmissão de energia do sistema, inclusive a sua proteção. A fiação troncal interliga todas as fiações ramais à fonte de energia de iluminação de emergência. Essa fiação pode ser projetada na forma normal ou em forma de anel, com duas ou mais entradas possíveis de energia e, em caso de interrupção ou de curto-circuito, isola o defeito, fazendo dois circuitos comuns do anel. A fiação ramal interliga uma ou várias luminárias com a fiação troncal. Deve conter meios de separar lâmpadas do circuito troncal em caso de curto-circuito (por exemplo, por queima de uma luminária) sem interromper a alimentação para as demais luminárias.

Rota de saída: Caminho livre de obstáculos e materiais inflamáveis, definido para ser percorrido em caso de abandono do local, para alcançar um ambiente seguro ou uma área externa da edificação, por meio de corredores, rampas, escadas etc..

Tempo de comutação: Intervalo de tempo entre a interrupção da alimentação da rede elétrica da concessionária e a entrada em funcionamento do sistema de iluminação de emergência.

Rede elétrica da concessionária: É a energia elétrica fornecida pela concessionária do município, a qual opera independente da vontade do usuário.

3. Tipos de sistemas

3.1. BLOCOS AUTÔNOMOS

Aparelhos de Iluminação de emergência constituídos de um único invólucro, contendo lâmpadas incandescentes, fluorescentes ou similares, fonte de energia com carregador e controles de supervisão, sensor de falha na corrente alternada, necessário para colocá-los em funcionamento no caso de falta de alimentação da rede elétrica da concessionária.

FIGURA 1: Bloco autônomo
Fonte: Aureon

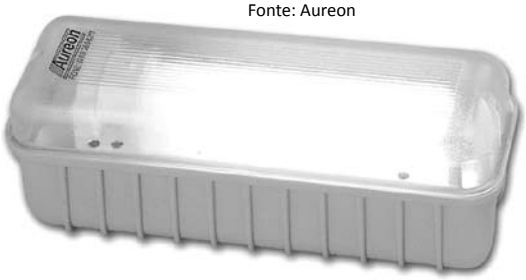
FIGURA 2: Bloco autônomo de balizamento
Fonte: Aureon

3.2. SISTEMA CENTRALIZADO COM BATERIAS

O sistema centralizado com baterias elétricas de acumuladores é entendido como um sistema dotado de um painel de controle (central), rede de alimentação, luminárias de emergência e fonte de energia alternativa (baterias). A comutação do estado de vigília para o estado de funcionamento é automática quando da interrupção da alimentação da rede pública (maximo de 5 segundos). As baterias a serem utilizadas no sistema devem ser garantidas pelo fabricante para uso específico e ficar em local ventilado. O sistema não pode ser utilizado para alimentar quaisquer outras instalações da edificação.

FIGURA 3: Central de Iluminação de emergência. Fonte: Aureon

FIGURA 4: Luminária de emergência
Fonte: Aureon



3.3. SISTEMA CENTRALIZADO COM GRUPO MOTOGERADOR

Sistema de iluminação de emergência em que a fonte de alimentação é constituída por um grupo motogerador com acionamento automático no caso de falha ou falta de alimentação de energia da rede pública (maximo de 12 segundos). A tensão de alimentação dos circuitos de iluminação de emergência nas áreas de risco deve ser limitada a 30V, tendo em vista o risco de choques elétricos quando do combate a incêndio.

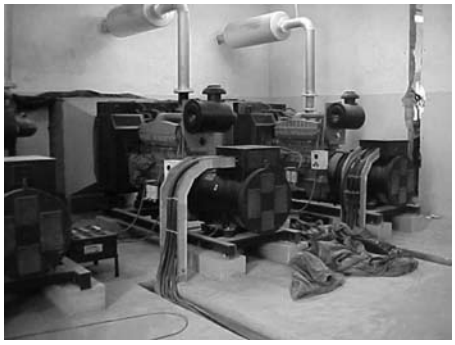


FIGURA 5: Grupo motogerador. Fonte: MTB 48 - Segurança conta incêndio nas edificações e áreas de risco

4. Autonomia

O sistema de iluminação de emergência deve garantir a intensidade dos pontos de luz de forma a garantir os níveis mínimos de iluminamento desejados. A autonomia não pode ser inferior a uma hora com uma perda máxima de 10% de sua luminosidade inicial.

5. Função

A iluminação de emergência tem como funções permitir a evacuação segura de uma edificação e possibilitar a continuidade dos trabalhos que por sua natureza não podem sofrer solução de continuação.

A iluminação de aclaramento deve atender a todos os locais que proporcionam uma circulação vertical ou horizontal, de saídas para o exterior da edificação, ou seja, rotas de saída e nos ambientes, por exemplo:

• Corredor em rampa com inclinação maior que 5%.

• Saída de uma área bem iluminada para uma área de menor iluminação para permitir a adaptação da visão humana.

• Ambientes com desvios, especialmente quando possuem máquinas de grande porte.

• Escadas exteriores quando a iluminação da rua não for suficiente para evitar acidentes.

• Áreas com obstáculos fixos ou móveis, quando possam impedir a movimentação livre e o abandono do local com segurança e em conseqüência possam causar acidentes graves.

• Áreas com dispositivos de segurança que impeçam ou diminuam o movimento de circulação das pessoas.

• Deve garantir um nível mínimo de iluminamento no piso que permita o reconhecimento de obstáculos que possam dificultar a circulação, tais como: grades, saídas, mudanças de direção, etc. O reconhecimento de obstáculos deve ser obtido por aclaramento do ambiente ou por sinalização. A NBR 10898 recomenda:

- 5 lux em locais com desnível: escadas ou passagens com obstáculos.
- 3 lux em locais planos: corredores, halls e locais de refúgio.

A iluminação de sinalização deve assinalar todas as mudanças de direção, obstáculos, saídas, escadas, etc. e não deve ser obstruída por anteparos ou arranjos decorativos.

O fluxo luminoso do ponto de luz, exclusivamente de iluminação de sinalização, deve ser no mínimo igual a 30 lm.

Em áreas de risco, recomenda-se chamar a atenção para as saídas utilizando-se adicionalmente pisca-pisca ou equipamento similar, evitando, porém o ofuscamento da vista. A função da sinalização deve ser assegurada por textos escritos e/ou símbolos gráficos, reflexivos ou luminoso-transparentes.

É recomendado o uso de faixas reflexivas ou “olho de gato” no nível do piso ou rodapé dos corredores e nas escadas, assim como faixas antiderrapantes de cores chamativas. Recomenda-se que nos locais onde, pela natureza do trabalho, não possa haver interrupção da iluminação, o nível de iluminamento do sistema deve permitir a sua continuidade, por exemplo: salas de cirurgia, salas de primeiros socorros, laboratórios químicos, controle de tráfego em ferrovias e aerovias, etc..

6. Instalações especiais

Os componentes do sistema de iluminação de emergência devem ser blindados (circuitos e luminárias), mantendo a fonte de alimentação fora da área de risco.

FIGURA 6: Luminária especial para atmosferas explosivas. Fonte: Aureon

7. Projeto e instalação do sistema

7.1. PROJETO

O projeto do sistema de iluminação de emergência deve levar em consideração a falta ou falha de energia elétrica fornecida pela concessionária ou o desligamento voluntário em caso de incêndio na área afetada. Deve indicar os pontos da instalação dos dispositivos de iluminação, com o tempo mínimo de funcionamento do sistema previsto nessas áreas, em caso de planejamento da variação da autonomia de iluminação de emergência em diferentes áreas.

O projeto deve ser constituído de memoriais e outros documentos, além das plantas do leiaute que definam as exigências do projeto da iluminação de emergência e suas soluções, além de definir e facilitar a instalação do sistema.

7.2. INSTALAÇÃO

É de responsabilidade do instalador a execução do sistema de iluminação de emergência, respeitando o projeto elaborado.

A fixação dos pontos de luz e da sinalização deve ser rígida, de forma a impedir queda acidental, remoção desautorizada e que não possa ser facilmente avariada ou colocada fora de serviço.

Quando forem usados projetores ou faróis deve-se direcionar o feixe luminoso do aparelho de forma a não causar ofuscamento devido à alta concentração de luminosidade em uma área muito reduzida. Não são permitidos remendos de fios dentro de tubulações.

8. Manutenção

O proprietário ou o responsável pelo uso são responsáveis pelo perfeito funcionamento do sistema.

Os itens de manutenção de primeiro nível, que podem ser executados pelo próprio usuário consistem na verificação das lâmpadas, fusíveis ou disjuntores, nível de eletrólito, data de fabricação e início de garantia das baterias.

O segundo nível de manutenção que abrange o reparo e substituição de componentes deve ser executado por um técnico qualificado.

Nas instalações de blocos autônomos, mensalmente deve ser verificada a passagem do estado de vigília para a iluminação (funcionamento) de todas as lâmpadas e semestralmente deve ser verificado o estado de carga dos acumuladores, colocando em funcionamento o sistema pelo menos por uma hora ou pela metade do tempo garantido, a plena carga, com todas as lâmpadas acesas.

Nas instalações centralizadas com baterias de acumuladores elétricos, mensalmente deve ser verificado, simulando a falta de energia elétrica da rede da concessionária, o acionamento e funcionamento do sistema de iluminação de emergência, com todas as lâmpadas acesas, por meio do desligamento da rede pública. Semestralmente deve ser verificado:

• funcionamento do sistema pelo menos por uma hora, a plena carga, com todas as lâmpadas acesas ou pela metade do tempo garantido.

• nível de eletrólito no caso de baterias de acumuladores elétricos com eletrólito líquido e acessível (baterias ventiladas chumbo/ácida e chumbo-cálcio).

• verificar as tensões individualmente de cada bateria, carregadas e após o ensaio de funcionamento. Em caso de variações das tensões das baterias, devem ser consultadas as especificações do fabricante e eventualmente substituir as baterias defeituosas.

Anualmente deve ser verificada a capacidade de armazenamento de energia elétrica para todos os tipos de baterias de acumuladores elétricos, com a descarga total até a tensão mínima permissível, medindo-se a tensão de desligamento e o tempo de funcionamento, com todas as lâmpadas ligadas.

Nas instalações centralizadas com grupo motogerador quinzenalmente deve ser verificado o acionamento e funcionamento do gerador para alimentar o sistema de iluminação de emergência por meio do dispositivo de supervisão da tensão da rede pública, inspeção visual do motor gerador, painel de transferência automática, painel de controle, nível de combustível, nível de óleo lubrificante do cárter e demais instalações auxiliares que garantam o funcionamento do motor até a próxima inspeção prevista.

Semestralmente deve ser verificado o funcionamento do sistema pelo menos por uma hora, a plena carga, com todas as lâmpadas ligadas, avaliando as seguintes operações:

• sistema de lubrificação.
• sistema de alimentação (combustível, ar) e escapamento.
• regulador de voltagem.
• sistema de resfriamento.
• sistema de comutação elétrica.
• gerador.
• controle de supervisão.
• drenagem da água acumulada nos tanques de armazenamento de combustível.

9. Medições e aferições

As medições de níveis de iluminância, em recinto com pontos de iluminação de emergência, devem ser efetuadas ao nível do piso, na ausência de outras fontes de iluminação e preferencialmente em ambiente ocupado pelo mobiliário normal, máquinas e utensílios. Os aparelhos de medição devem ser aferidos periodicamente, de acordo com as instruções dos fabricantes.

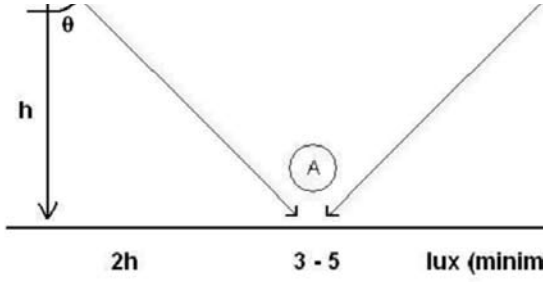


FIGURA 7: Medição do nível de iluminamento. Fonte: NBR-10898

• Altura h = fonte de luz em relação ao nível do piso.
• Ponto A= Nível mínimo de iluminância que a norma determina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• NBR-10898:1999. *Sistema de Iluminação de Emergência – Associação Brasileira de Normas Técnicas.*

• NFPA-101. *Life Safety Code Handbook*, 2000.

• RIGHI, Luiz Antonio. *Projeto de Instalações Elétricas*. UFSM, RS, 1996.

• BRAGA, Luiz Antonio Fernandes. Simulação de Rota de Fuga e Sinalização Utilizando Multi-Agentes e Realidade Virtual. RJ: 2006.

• www.aureon.com.br

XV
SISTEMAS DE PROTEÇÃO POR EXTINTORES PORTÁTEIS DE INCÊNDIO

Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo
GSI NUTAU FAUUSP

Hector Abel Almiron
Consultor

Eng. Waldir Pereira
Consultor

1. Introdução

Os extintores de incêndio surgiram no século XV de forma rudimentar, sendo constituído de uma espécie de seringa metálica provida de um cabo de madeira, lembrando uma seringa de injeção de dimensões exageradas, sem a agulha.

No século XVI, Jacob Besson inventou um extintor que era constituído de um grande recipiente de ferro montado sobre-rodas, provido de um enorme gargalo curvo, que podia, dessa forma, penetrar nas aberturas dos edifícios em chamas.

Os extintores portáteis fazem parte do sistema básico de segurança contra incêndio em edificações e devem ter como características principais: portabilidade, facilidade de uso, manejo e operação, e tem como objetivo o combate de princípio de incêndio.

A manutenção desses equipamentos juntamente com o treinamento de pessoas para seu uso é fundamental para seu objetivo.

Os princípios de incêndios têm características diferentes em função de sua origem elétrica ou não, e materiais combustíveis envolvidos, o que exige o uso de agentes extintores apropriados para cada caso. Em função disso há uma classificação dos extintores.

Chama-se agente extintor a substância que é utilizada para preencher os extintores a qual definirá o tipo de extintor.

Capacidade extintora do extintor é um dado importante, pois é o que vai determinar o poder de extinção e não deve ser confundido com unidade extintora.

Quanto ao transporte os extintores podem ser: portáteis e não-portáteis e esse último subdivide-se em sobre-roda e estacionário.

O extintor portátil com massa até 196 N (20 kgf) não precisa ser colocado sobre rodas, acima desse valor necessita estar sobre rodas.

O extintor com massa próxima a 196 N (20 kgf) não atende à portabilidade acima citada, principalmente quando colocado em ambiente cujas pessoas não estão acostumadas a esforços físicos.

2. Fatores que determinam à eficiência dos extintores

A eficiência dos extintores é função de vários fatores descritos a seguir.

2.1. AGENTE EXTINTOR

Existem agentes adequados e com maior ou menor eficiência no combate a determinado princípio de incêndio ou classe de fogo.

2.2. ALCANCE

O alcance do jato do agente extintor é função da pressão interna e do orifício de saída, que são características de cada extintor.

A distância que o agente extintor alcança é importante, pois permite ao operador controlar melhor a distância de ataque ao princípio de incêndio protegendo-se do nível da radiação térmica e dos gases emitidos.

2.3. DURAÇÃO DE DESCARGA OU TEMPO EFETIVO DE DESCARGA

A quantidade de agente extintor é limitada nos extintores e são encontrados extintores com várias massas ou volumes para o mesmo tipo.

A duração da descarga ou tempo efetivo de descarga é função de quantidade de agente extintor contido no extintor e vazão do agente extintor.

2.4. FORMA DE DESCARGA

Têm-se duas formas principais:

a) Jato concentrado.

b) Jato em forma de névoa/nuvem.

Em ambos os casos sua aplicação dependerá do princípio de incêndio.

2.5. OPERACIONALIDADE

O extintor deve ser de fácil manuseio e adequado ao tipo do material combustível e energia desenvolvida pelo princípio de incêndio, sendo três as variáveis a serem consideradas:

a) Massa total.

b) Instalação: a parte superior do extintor deve estar, no máximo, a 1,60 m do piso. E sua parte inferior não deve estar a menos de 0,20 m do piso.

c) Facilidade de acionamento: Para os extintores do tipo pressurização direta, que são os mais comuns, deve-se portá-lo pela alça, puxar a trava rompendo o lacre, apertando o gatilho e segurando a mangueira firmemente. O jato deve ser dirigido à base do fogo para pós e agentes líquidos, excetuando-se a espuma mecânica e sobre o fogo para dióxido de carbono (CO_2), halogenados e espuma mecânica.

3. Treinamento

O treinamento deve preparar o operador para:

a) Identificação dos vários tipos de extintores.

b) Familiaridade com os vários tipos de extintores.

c) Operação para cada tipo de extintor quanto à seqüência para o uso, ou seja, dos tipos de pressurização direta ou indireta, sempre lendo os quadros de instruções (rótulos) com as figuras ilustrativas.

d) Ter noção da distância segura para atacar o princípio de incêndio.

e) Perder o receio de operar o extintor.

O quadro de instruções de operação do extintor é necessário, mas não suficiente para capacitar o operador, sendo absolutamente fundamental

o treinamento prático periódico exercido, pelos menos duas vezes ao ano em campos de treinamento devidamente homologados pelo órgão ambiental estadual e ministrado por profissional reconhecido por órgão competente.

4. Classificação do fogo e símbolos

Os extintores são classificados em função do agente extintor, esses agentes podem ser utilizados para um ou mais classes de fogo descritas a seguir:

Fogo classe A – fogo envolvendo materiais combustíveis sólidos, tais como: madeira, tecidos, papéis, borrachas, plásticos termoestáveis e outras fibras orgânicas, que queimam em superfície e profundidade, deixando resíduos.

Fogo classe B – fogo envolvendo líquidos e/ou gases inflamáveis ou combustíveis, plásticos e graxas que se liquefazem por ação do calor e queimam somente em superfície.

Fogo classe C – fogo envolvendo equipamentos e instalações elétricas energizados.

Fogo classe D – fogo em metais combustíveis, tais como magnésio, titânio, alumínio, zircônio, sódio, potássio e lítio.

Símbolos de proibição de uso dos extintores:

5. Tipologia

Existe no mercado uma grande variedade de extintores que se caracterizam por: agente extintor, massa, volume, sistema de ejeção, capacidade extintora e acionamento.

5.1. TIPO QUANTO À CARGA DE AGENTE EXTINTOR

- Água.
- Pó para extinção de incêndio.
- Espuma mecânica.
- CO_2 (gás carbônico).
- Halogenados.

5.2. TIPO QUANTO AO SISTEMA DE EJEÇÃO DO AGENTE EXTINTOR

- Auto-ejeção, cujo agente extintor é gasoso e é mantido sob pressão no recipiente.
- Pressurização direta: extintores que estão sob pressurização permanente e caracterizam-se pelo emprego de somente um recipiente para o agente extintor e o gás expelente.
- Pressurização indireta: extintores que são pressurizados por ocasião do uso e caracterizam-se pelo emprego de um recipiente para ao agente extintor e um cilindro para ao gás expelente, podendo esse último ser interno ou externo ao recipiente para o agente extintor.

5.3. TIPO QUANTO À CAPACIDADE EXTINTORA

• Classe A - capacidade extintora 1-A, 2-A, 3-A, 4-A, 6-A, 10-A, 20-A, 30-A e 40-A.

• Classe B - capacidade extintora 1-B, 2-B, 5-B, 10-B, 20-B, 30-B, 40-B, 60-B e 80-B, 120-B, 160-B, 240-B, 320-B, 480-B e 640-B. Os extintores portáteis podem chegar a 120-B e os sobre-rodas podem chegar a 240-B.

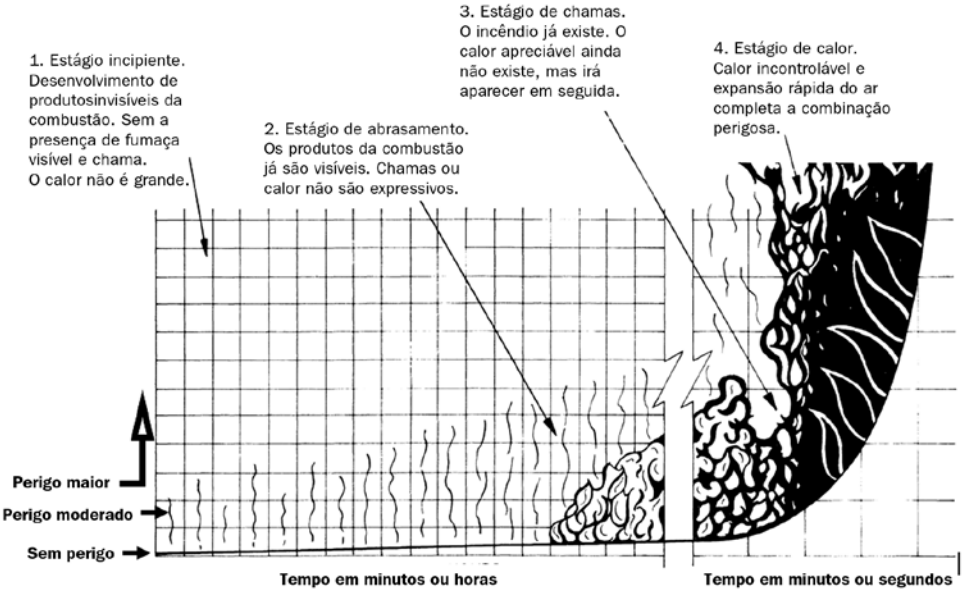
• Classes C e D - não têm classificação, o ensaio é do tipo passa ou não passa, ou seja, ou cumprem o requisito normativo de ensaio na sua totalidade ou não são classificados para o risco.

5.4. TIPO QUANTO À CARGA EM VOLUME E EM MASSA

O extintor contendo um mesmo agente extintor pode ter massas ou volumes diferentes, porém sua classificação é feita pela capacidade extintora.

6. Definição de princípio de incêndio

A evolução de um incêndio na maioria das vezes ocorre segundo a figura abaixo na qual podem se ver as várias fases de sua evolução.



6.1. CARACTERÍSTICAS DO ESTÁGIO INCIPIENTE

O material combustível está queimando sem ser sustentado por uma fonte externa de calor.

O fogo está confinado ao material no qual se iniciou o fogo sem espalhar-se a outros materiais circunvizinhos.

É pequena a quantidade de fumaça no ambiente e não atrapalha a visão para atuar com o extintor.

A temperatura do ambiente também se mantém no nível de conforto na pessoa que, sem proteção específica, vai usar o extintor de incêndio.

6.2. PRINCÍPIO DE INCÊNDIO COM RÁPIDA EVOLUÇÃO DO FOGO ALTERA O CENÁRIO ANTERIOR, TORNANDO AS CONDIÇÕES DO AMBIENTE CRÍTICAS QUANTO À FUMAÇA E TEMPERATURA

É aconselhável prever o uso de extintores de maior alcance de jato e vazão de descarga nessa fase.

Os extintores sobre-rodas tem maior alcance, vazão de descarga e tempo efetivo de descarga.

7. Dados para o projeto do sistema de extintores portáteis

7.1. SELEÇÃO

O sucesso no combate ao incêndio no seu estágio incipiente depende da seleção correta do tipo de extintor.

A utilização de extintores impróprios poderá, além de não conseguir extinguir o fogo, colocar em risco a vida de quem for utilizá-los, o meio ambiente e o patrimônio. Na maioria das vezes, o operador não tem o treinamento específico, é o caso de grande parte dos funcionários de empresas e moradores e prestadores de serviços de edifícios.

Cabe, portanto, ao projetista do sistema de proteção por extintores portáteis e sobre-rodas a seleção correta desses importantes equipamentos de proteção contra incêndio.

Devem-se considerar os fatores dados a seguir:

a) Classe de fogo que com mais freqüência possam ocorrer no local a ser protegido pelo extintor.

b) Tamanho do princípio de incêndio que possa ocorrer e seu desenvolvimento de calor e fumaça. Esse último é um fator muito importante para a escolha de extintor de maior capacidade extintora e alcance do agente extintor.

c) Tipo de risco da edificação que é classificado em: baixo, médio ou alto.

Tabela 1 - Seleção do agente extintor segundo a classificação do fogo

CLASSE DE FOGO	AGENTE EXTINTOR					
	ÁGUA	ESPUMA MECÂNICA	DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)	PÓ BC	PÓ ABC	HALOGE-NADOS
A	(A)	(A)	(NR)	(NR)	(A)	(A)
B	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
C	(P)	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)
D	Deve ser verificada a compatibilidade entre o metal combustível e o agente extintor					

(A) apropriado à classe de fogo | (NR) não recomendado à classe de fogo | (P) proibido à classe de fogo

7.2. CLASSE DE RISCO DAS EDIFICAÇÕES

O risco de incêndio é determinado pela carga de incêndio, expresso em MJ/m^2 , ou seja, é a quantidade de material combustível por área de piso do ambiente considerado ou, ainda, é a quantidade de calor que pode ser liberada, no caso de incêndio, por unidade de área do piso.

São consideradas três classes de risco em função da carga de incêndio, conforme tabela a seguir.

Tabela 2 – Classificação das edificações quanto à carga de incêndio

RISCO	CARGA DE INCÊNDIO MJ/M^2
Baixo	Até $300MJ/m^2$
Médio	Entre 300 e $1.200MJ/m^2$
Alto	Acima de $1.200MJ/m^2$

Nota: Obtido do Decreto 46 076/01 do CBPMESP

Para riscos diferentes: baixo, médio e alto, é necessário selecionar o extintor de incêndio quanto ao seu desempenho diante do fogo em ensaios normalizados para classe A, B e C.

O desempenho em ensaios normalizados irá determinar a capacidade extintora do extintor que é definida como:

Capacidade extintora: medida do poder de extinção do fogo de um extintor, obtida em ensaios normalizados.

Essa característica está destacada no quadro de instruções do extintor com um número e uma letra para classe A e B. Exemplo: 2-A, 4-A, etc. e 10-B, 20-B, etc.

Tabela 3 - Determinação da unidade extintora, área e distância a ser percorrida para fogo classe A

CLASSE DE RISCO	RISCO PEQUENO	RISCO MÉDIO	RISCO GRANDE
Unidade extintora	2-A	2-A	4-A
Área máxima protegida pela capacidade extintora de 1A	270 m^2	135 m^2	90 m^2
Área máxima protegida por extintor	800 m^2	800 m^2	800 m^2
Distância máxima a ser percorrida até o extintor	20 m	20 m	20 m

Tabela 4 - Determinação da unidade extintora e distância a ser percorrida para fogo classe B

TIPO DE RISCO	UNIDADE EXTINTORA	DISTÂNCIA MÁXIMA A SER PERCORRIDA (M)
Pequeno	10-B	10
	20-B	15
Médio	20-B	10
	40-B	15
Grande	40-B	10
	80-B	15

7.3. INFORMAÇÕES ADICIONAIS PARA A SELEÇÃO DO EXTINTOR

a) Fogo em líquidos com profundidade maior que 6 mm devem considerar, como mínimo, 20-B de capacidade extintora para cada m^2 de superfície para o extintor de pó e para extintor de espuma mecânica considerar 10-B mínimo para cada m2 de superfície.

b) Para combater princípios de incêndio em equipamentos energizados, o extintor selecionado deve ser de classe C. Nesse caso não é admitido que o extintor tenha somente classificação C, pois a corrente elétrica é a fonte de ignição dos materiais combustíveis, quando se desliga a eletricidade o fogo que se tem é, em geral, da classe A e em alguns casos da classe B (plásticos que derretem).

c) Para combater princípios de incêndio em líquidos sob pressão ou gases há extintores específicos quanto à descarga do agente extintor. Recomenda-se extintor de pó de 4,5 kg de massa e vazão de 0,450 kg/s, no mínimo.

d) Fogo em materiais em movimento tais como derrames, gotejamento, geralmente incluem um ou mais superfícies vertical e horizontal, Recomenda-se extintor de pó de 4,5 kg e vazão de 0,450 kg/s, no mínimo.

e) Para combater princípio de incêndio com extintor de espuma mecânica é preciso saber se o líquido é polar ou não. Sendo líquido polar o agente extintor deve ser especificado e deverá essa propriedade constar no quadro de instruções.

f) Para combater princípio de incêndio em locais com obstáculo ao agente extintor é necessária a descarga simultânea de mais de um extintor acionados de pontos distintos a fim de atingir o foco de fogo.

8. Localização

Inicialmente deve-se atender ao regulamento oficial da localidade e na falta deste utilizar a NBR 12693 - Sistemas de proteção por extintores de incêndio da ABNT.

A localização dos extintores é muito importante, pois irá permitir uma rápida intervenção para cessar o processo da evolução do incêndio.

Algumas recomendações são úteis:

- Facilmente visíveis por meio de sinalização.
- Bem distribuídos para cobrir a área protegida.
- Fácil acesso levando se em conta a portabilidade.
- Sem obstáculos até o local de utilização.
- Próximo aos locais de entrada e saída.

• Não devem ficar atrás de portas de rotas de fuga.

• Protegidos de acidentes provocados pela movimentação de pessoas, veículos ou cargas.

• Protegidos de intempéries e de ambientes agressivos com excesso de calor, atmosferas corrosivas, maresias, vento e poluição.

• Proteger contra vandalismo.

9. Inspeção, manutenção e recarga

9.1. REGISTRO HISTÓRICO

Os primeiros registros da proteção contra incêndio ocorreram no império romano, cinco séculos antes de Cristo. Essa proteção consistia na inscrição de "palavras mágicas" nas paredes das edificações a serem protegidas, como essas palavras não nos foram relevadas, nos resta prover o ambiente com os equipamentos necessários e executar as manutenções periódicas conforme um plano conveniente.

9.2. DOCUMENTOS TÉCNICOS E LEGISLATIVOS PERTINENTES

a) Norma Técnica da ABNT NBR 12962 – Inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio.

b) Norma Técnica da ABNT NBR 13485 – Manutenção de terceiro nível (vistoria) em extintores de incêndio.

Como a certificação para fabricação e manutenção de extintores de incêndio no Brasil é compulsória, acrescentam-se as portarias do Inmetro (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e qualidade Industrial) vinculado ao Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, a saber:

a) Portaria n.° 158 de 27 de junho de 2006.

b) Portaria n.° 173 de 12 de julho de 2006.

Nota: Como as portarias são freqüentemente revisadas, têm a sua numeração seqüencial e as datas de publicação alteradas. Recomenda-se consultar no sítio do Inmetro a seqüência ocorrida, se for o caso.

9.3. DEFINIÇÕES

9.3.1. INSPEÇÃO

Exame periódico, efetuado por pessoal habilitado, que se realiza no extintor de incêndio, com a finalidade de verificar se ele permanece em condições originais de operação.

9.3.2. MANUTENÇÃO

Serviço efetuado no extintor de incêndio, com a finalidade de manter suas condições originais de operação, após sua utilização ou quando requerido por uma inspeção.

9.3.2.1. MANUTENÇÃO DE PRIMEIRO NÍVEL

Manutenção geralmente efetuada no ato da inspeção por pessoal habilitado, que pode ser executada no local em que o extintor está instalado, não havendo necessidade de removê-lo para oficina especializada.

9.3.2.2. MANUTENÇÃO DE SEGUNDO NÍVEL

Manutenção que requer execução de serviços com equipamento e local apropriados e por pessoal habilitado.

9.3.2.3. MANUTENÇÃO DE TERCEIRO NÍVEL OU VISTORIA

Processo de revisão total do extintor, incluindo a execução de ensaios hidrostáticos.

9.4. RECARGA

Reposição ou substituição da carga nominal de agente extintor e/ou expelente.

9.5. COMPONENTES ORIGINAIS

Aquelas que formam o extintor como originalmente fabricado ou que não reconhecidos pelo fabricante do extintor.

9.6 ENSAIO HIDROSTÁTICO

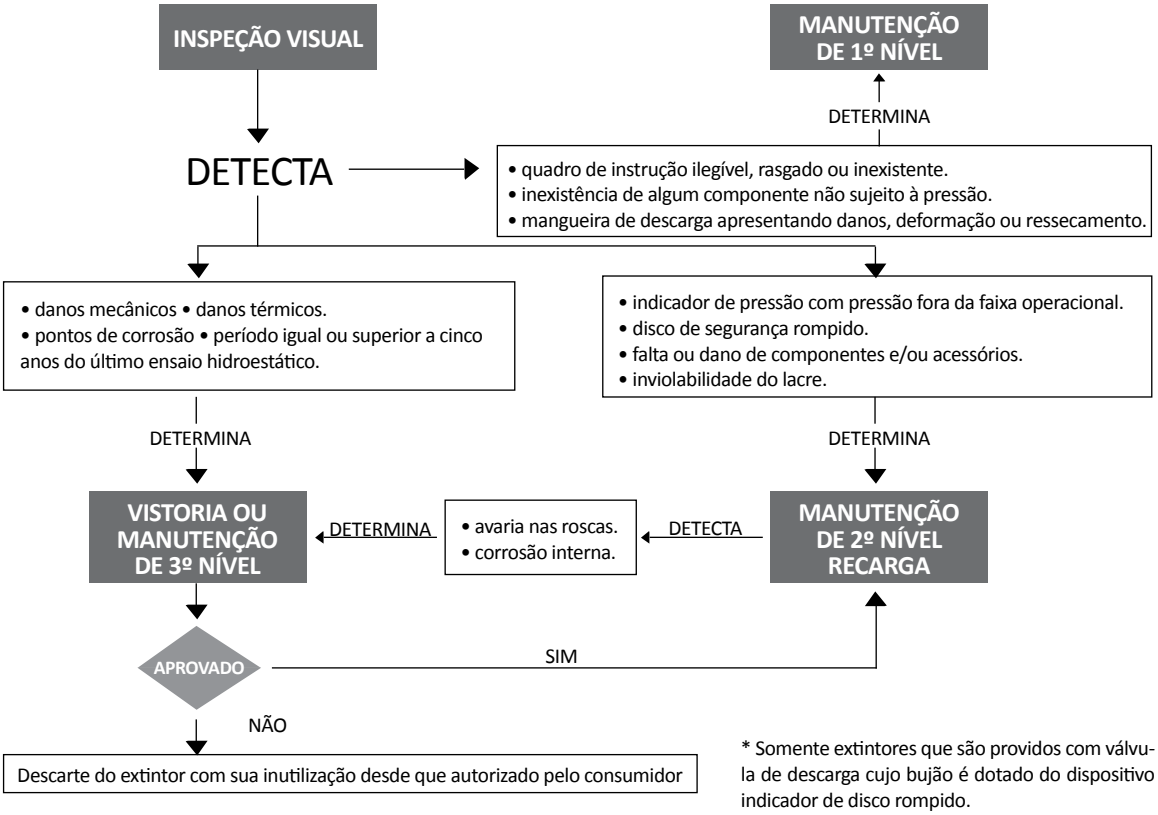
Ensaio executado em alguns componentes do extintor de incêndio sujeitos à pressão permanente ou momentânea; utiliza-se normalmente a água como fluído, e tem como principal objetivo avaliar a resistência do componente às pressões superiores à pressão normal de carregamento ou de funcionamento do extintor, definidas em suas respectivas normas de fabricação.

Os componentes ensaiados são: recipiente ou cilindro para o agente extintor, cilindro para o gás expelente, válvula de descarga e mangueira de descarga.

Pneumaticamente ensaiam-se os componentes: válvula de descarga, indicador de pressão, válvula de alívio e regulador de pressão quando houver (esse último utilizado em alguns extintores do tipo pressurização indireta sobre-rodas).

Visando facilitar o entendimento quanto à aplicação dos níveis de manutenção apresentamos o macrofluxo.

Macrofluxo dos procedimentos para inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio



* Somente extintores que são providos com válvula de descarga cujo bujão é dotado do dispositivo indicador de disco rompido.

10. Recomendações de segurança

Para que o nível de segurança seja mantido devem-se fazer inspeções e manutenções periódicas.

Muitas empresas fazem manutenção de todos os extintores ao mesmo tempo o que leva a edificação a ficar desprotegida durante algum tempo. É necessário ter um plano de manutenção de maneira a não deixar o edifício desprotegido.

a) A inspeção deve ser periódica e programada de maneira a evitar esquecimentos ou relaxamento na prevenção.

b) O tempo máximo entre inspeções depende das condições ambientais a que o extintor está sujeito como, por exemplo: maresia, altas temperaturas, poeira, gases corrosivos, etc.

c) O tempo máximo para inspeção é de doze meses. A freqüência das inspeções deve ser tanto maior quando o extintor for submetido às condições acima declinadas.

d) Quando o extintor estiver instalado em locais de grande circulação de pessoas a freqüência das inspeções deve ser maior, visto que fica sujeito ao vandalismo.

e) Os extintores com carga de dióxido de carbono (CO_2), ou aqueles de outros tipos de agentes que possuam cilindros para o gás expelente com CO_2, serão inspecionados a cada seis meses, bem como submetidos à manutenção de primeiro nível.

11. Recomendações importantes

a) A manutenção dos extintores que possuírem o Manual Técnico de Manutenção deve ser executada conforme esse documento.

b) Os extintores que não possuírem o Manual Técnico de Manutenção devem cumprir os requisitos normativos conforme estabelecidos nas normas técnicas da ABNT, NBR 12962 e NBR 13485, bem como regulamentação técnica vigente do órgão certificador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintor de incêndio classe A - Ensaio de fogo em engradado de madeira.* NBR 9443:02. Rio de Janeiro: 2002.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintor de incêndio classe B - Ensaio de fogo em líquido inflamável*. NBR 9444:02. Rio de Janeiro: 2002.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Indicador de pressão para extintores de incêndio.* NBR 9654:97. Rio de Janeiro: 1997.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Pó para extinção de incêndio.* NBR 9695:03. Rio de Janeiro: 2003.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintores de incêndio com carga de pó.* NBR 10721:04. Rio de Janeiro: 2004.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintores de incêndio com carga d'água.* NBR 11715:03. Rio de Janeiro: 2003.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintores de incêndio com carga de dióxido de carbono (gás carbônico).* NBR 11716:04. Rio de Janeiro. 2004.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintores de incêndio com carga para espuma mecânica.* NBR 11751:03. Rio de Janeiro: 2003.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintores de incêndio portáteis com carga de halogenado.* NBR 11762:01. Rio de Janeiro: 2001.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Sistemas de proteção por extintores de incêndio.* NBR 12693:93. Rio de Janeiro: 1993.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio.* NBR 12962:98. Rio de Janeiro: 1998.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Extintor de incêndio classe C - Ensaio de condutividade elétrica.* NBR 12992:93. Rio de Janeiro. 1993.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Manutenção de terceiro nível (vistoria) em extintores de incêndio.* NBR 13485:99. Rio de Janeiro: 1999.

XVI
SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO COM ÁGUA

Profª. Dra. Lúcia Helena de Oliveira

Professora doutora, Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, e-mail: lucia.oliveira@poli.usp.br

Prof. Dr. Orestes M. Gonçalves

Professor doutor, Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, e-mail: orestes.goncalves@poli.usp.br

Áderson Pereira Guimarães

Oficial da Polícia Militar do Estado de São Paulo, e-mail:capguimaraes@yahoo.com.br

1. Introdução

A água é o mais completo dos agentes extintores. A sua importância é reconhecida, pois mesmo que não leve à extinção completa do incêndio auxilia no isolamento de riscos e facilita a aproximação dos bombeiros ao fogo para o emprego de outros agentes extintores. Atualmente é mais utilizada em sistemas de proteção contra incêndio como o sistema de hidrantes e mangotinhos, sistema de chuveiros automáticos e sistema de água nebulizada, tendo como objetivo o controle e a extinção rápida e eficiente de um incêndio (GOMES (1998)).

A água é o agente extintor que proporciona a melhor absorção de calor, sendo que o efeito extintor pode ser aumentado ou diminuído, conforme o estado em que é dirigida sobre o fogo. Pode agir quanto ao método de extinção por: resfriamento, abafamento e emulsificação. Pode ser aplicada de três formas básicas: jato compacto, neblina e vapor (FERREIRA (1987)).

O jato compacto é um jato forte de água, produzido à alta pressão por meio de um esguicho com orifício (requinte) de descarga circular. Extingue o incêndio por resfriamento e o seu sucesso na extinção depende, essencialmente, de se conseguir a vaporização da água na imediata proximidade do objeto incendiado.

A água em jato sob a forma de vapor é aquela fragmentada em pequeníssimas partículas, de diâmetro quase que microscópico, chamada também de "neblina". A água na forma de neblina apresenta o máximo de superfície em relação ao conteúdo líquido que a compõe. Disso resulta a máxima capacidade prática para absorção do calor. A quase totalidade de água assim empregada no combate a incêndios é transformada em vapor, que continua agindo por abafamento, quando aumentando dessa forma o poder extintor da água, sobretudo quando em locais confinados (FERREIRA (1987)).

A água aplicada na forma de neblina possibilita o máximo de utilização da capacidade de absorver o calor (cerca de 90% da água se transforma em vapor). No sistema de hidrantes e de mangotinhos, o emprego do jato em forma de neblina é eficiente tanto na extinção de incêndio confinado com na extinção de incêndio aberto e em líquidos inflamáveis.

O efeito de emulsificação é obtido por meio de neblina de alta velocidade. Pode-se obter, por esse método, a extinção de incêndios em líquidos inflamáveis viscosos, pois o efeito de resfriamento que a água proporciona na superfície de tais líquidos impedirá a liberação de seus vapores inflamáveis. Em geral, no processo de emulsificação gotas de inflamáveis ficam envolvidas individualmente por gotas de água, dando no caso dos óleos, aspecto leitoso. No caso de alguns líquidos viscosos a emulsificação apresenta-se na forma de uma espuma que retarda a liberação dos vapores inflamáveis.

Neste capítulo são apresentados os sistemas de hidrantes e de mangotinhos, chuveiros automáticos e de água supernebulizada.

2. Sistema de hidrantes e de mangotinhos

O sistema de hidrantes e de mangotinhos é um sistema fixo de combate a incêndio que funciona sob comando e libera água sobre o foco de incêndio em vazão compatível ao risco do local que visa proteger, de forma a extingui-lo ou controlá-lo em seu estágio inicial.

Dessa forma, esse sistema possibilita o início do combate ao incêndio pelos usuários antes da chegada do corpo de bombeiros, além de facilitar os serviços dele quanto ao recalque de água e, em especial, em edificações altas.

O sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio em edificações e áreas de risco diferem dos sistemas de hidrantes urbanos em relação à forma de abastecimento. Os sistemas urbanos apresentam pontos de tomada de água providos de dispositivos de manobra (registros) e uniões de engate rápido, ligado à rede pública de abastecimento de água, podendo ser emergente (de coluna) ou subterrâneo (de piso) enquanto que os sistemas prediais de hidrantes e de mangotinhos apresentam pontos de tomada (PEREIRA (2004)).

Para melhor desempenho desse sistema é essencial que os usuários do edifício estejam familiarizados com o sistema, confiantes e motivados a utilizá-lo na ocorrência de um sinistro. Uma das características básicas do sistema de mangotinhos é a facilidade de operação pelos usuários em função das pequenas vazões e diâmetros das mangueiras, propiciando mais agilidade e facilidade às ações de combate ao fogo na fase inicial.

2.1. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

Os sistemas de hidrantes e de mangotinhos, em geral, são classificados de acordo com o tipo de esguicho (compacto ou regulável), diâmetro da mangueira, comprimento máximo da mangueira, número de saídas e vazão no hidrante ou mangotinho mais desfavorável. Cada tipo é aplicado em função da ocupação e uso da edificação.

O número de tipos de sistemas varia de acordo com a norma técnica ou regulamento adotado no local de execução do sistema de proteção contra incêndio.

Os sistemas poderão, ainda, ser diferenciados quanto:

- ao tipo de sistema de reservação: elevado, nível do solo, semi-enterrados ou enterrado.
- à fonte de energia: ligação independente ou por gerador automatizado.
- ao tipo de sistema de comando: manual (botoeira) e automático (chave de fluxo ou pressostatos).
- aos tipos de bombas empregadas: bomba principal, bomba auxiliar, bomba de reforço e bomba de escorva.
- às características do reservatório: concreto armado, fibra, metálico, utilização de piscinas ou reservas naturais.
- ao material da tubulação: aço, cobre e termoplásticos.
- às características do sistema de distribuição: interno ou externo à edificação.
- ao tipo de rede de tubulação: rede aberta (sistema ramificado), rede fechada (sistema em malha) e rede mista (sistema ramificado e em malha).

A aplicação ou escolha do sistema a ser instalado deve atender às características da edificação ou área de risco a ser protegida, observando-se as exigências da norma técnica ou regulamento adotado, a viabilidade de instalação, a eficácia do sistema, o custo e a facilidade de operação e manutenção.

A NBR 13714 (2000) apresenta três tipos de sistemas que variam em função da vazão mínima no hidrante mais desfavorável, do diâmetro e do comprimento da mangueira, do diâmetro mínimo da tubulação, do número de saídas que são aplicados em função da ocupação e uso do edifício.

Quanto ao tipo de reservação têm-se: sistemas com reserva de água para incêndio em reservatório inferior e sistemas com reserva de água para incêndio em reservatório superior, conforme apresentado a seguir.

2.1.1. SISTEMAS COM RESERVA DE ÁGUA PARA INCÊNDIO EM RESERVATÓRIO INFERIOR

Esses sistemas são alimentados por bomba de incêndio e pressurizados com tanque de pressão, conforme apresentado na Figura 1, ou alimentados com bomba de incêndio em conjunto com bomba jockey; e podem ser utilizados em conjunto de edificações verticais, horizontais, industriais ou outras.

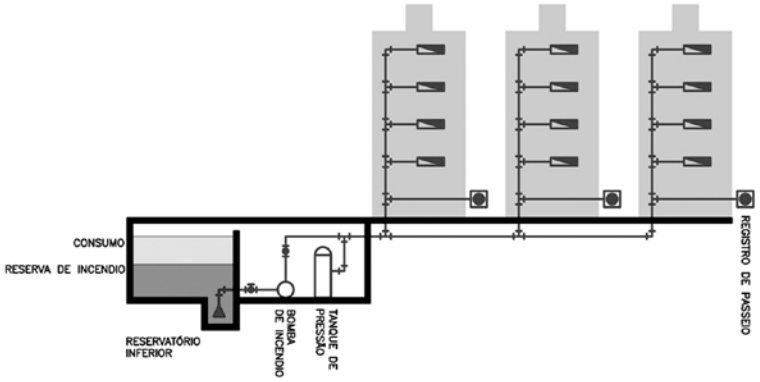


FIGURA 1 - Sistema de hidrantes alimentados por bomba de incêndio e pressurizados com tanque de pressão (GONÇALVES (1993))

2.1.2. SISTEMAS COM RESERVA DE ÁGUA PARA INCÊNDIO EM RESERVATÓRIO SUPERIOR

Esses sistemas são operados por gravidade, conforme apresentado na Figura 2 ou por gravidade em conjunto com bomba de incêndio, conforme ilustrado na Figura 3, e podem ser utilizados em edifícios verticais, edifícios industriais ou outros.

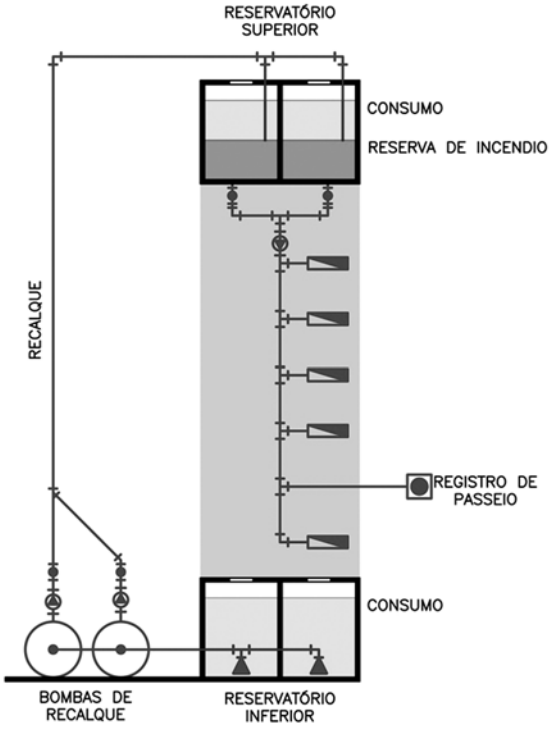


FIGURA 2 - Sistema de hidrantes por gravidade (GONÇALVES (1993))

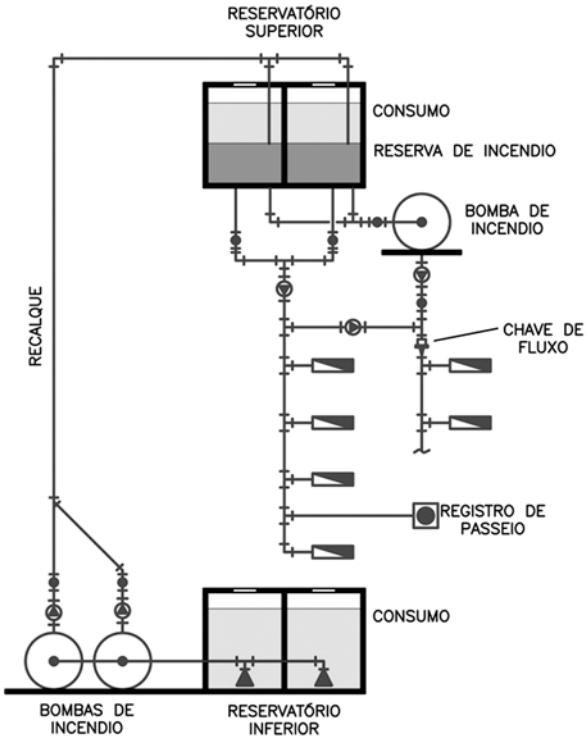


FIGURA 3 - Sistema de hidrantes por gravidade e bomba de incêndio (GONÇALVES (1993))

2.2. ELEMENTOS E COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema de hidrantes e de mangotinhos apresentam os elementos e componentes descritos a seguir e organizados em três subsistemas: reservação, pressurização e comando, conforme ilustra a Figura 4.

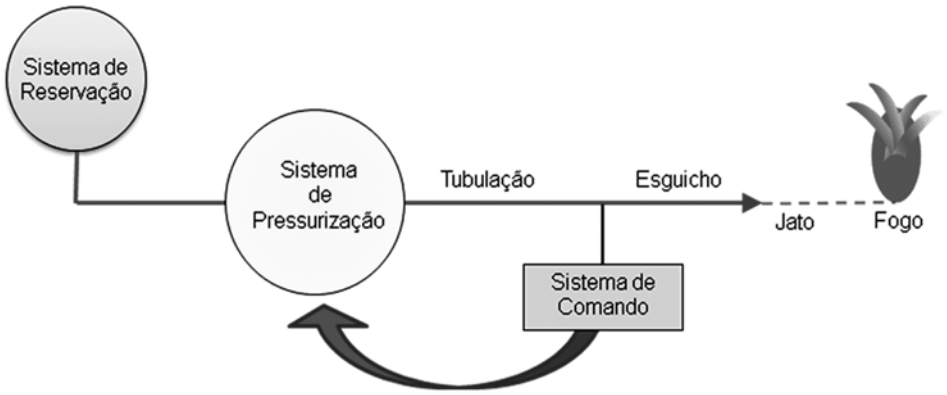


FIGURA 4 - Elementos e componentes do sistema de hidrantes (GONÇALVES (1993))

2.2.1. SISTEMA DE RESERVAÇÃO

É composto por reservatório, que pode ser do tipo elevado, no nível do solo, semi-enterrado ou enterrado e tem como função reservar um volume de água destinado exclusivamente ao combate de incêndio. O reservatório de água pode ser construído, na edificação ou área de risco, em concreto armado, metal apropriado ou qualquer outro material que apresente resistência mecânica às intempéries e ao fogo.

A reserva de água deve ser prevista para permitir o primeiro combate, durante um determinado tempo. Após esse tempo considera-se que o corpo de bombeiros mais próximo atuará no combate, utilizando-se da rede pública de abastecimento de água ou de fontes naturais como, por exemplo, açudes, lagos e rios. As águas provenientes de fontes naturais para utilização no sistema de hidrantes e de mangotinhos são aceitas, porém devem ser observadas as exigências quanto às características construtivas de captação da água para os sistemas conforme recomendações da NBR 13714 (ABNT (2000)).

2.2.2. SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Pode operar de três formas: por gravidade, por bombas ou por tanque de pressão. Tem a função de fornecer energia para o transporte da água e ainda atingir o material em combustão a uma determinada distância, com vazão e pressão adequada à extinção do fogo (HERNANDES (1987).

O sistema operado por bombas é composto por bomba principal ou bomba de incêndio, bomba de pressurização ou bomba jockey. A bomba de incêndio tem a finalidade de recalcar a água do reservatório para os hidrantes ou mangotinhos. Deve possuir motor elétrico ou a explosão. Quando a bomba principal fornece água aos hidrantes mais desfavoráveis hidraulicamente, no caso de não poderem ser abastecidos pelo reservatório elevado, ela recebe o nome de bomba de reforço.

A bomba de pressurização ou bomba jockey tem a função de manter o sistema pressurizado em uma faixa preestabelecida e de compensar pequenas perdas de pressão.

O sistema operado por tanques de pressão compõe-se de bomba de incêndio e de tanque de pressão. O tanque de pressão acoplado a uma bomba fornecerá pressão e vazão constantes e contínuas ao sistema hidráulico. A bomba de incêndio acoplada ao tanque de pressão com diafragma poderá succionar água de um reservatório tanto acima quanto abaixo (reservatórios, poços etc.) e, simultaneamente, pressurizar a rede hidráulica.

2.2.3. SISTEMA DE COMANDO

O acionamento do sistema de hidrantes e de mangotinhos pode ser manual, por meio de botoeira do tipo liga e desliga, ou automático, por meio de chave de fluxo ou de pressostato.

A botoeira do tipo liga e desliga é um acionador manual da bomba principal.

A chave de fluxo aciona o sistema automaticamente pelo deslocamento de água na tubulação, devido à abertura de um hidrante, e o pressostato aciona o sistema devido a uma variação de pressão hidráulica na tubulação.

Assim, a bomba de incêndio entra em operação mediante acionamento manual, por meio de botoeira tipo liga-desliga próxima aos hidrantes, ou automático, por meio de chave de fluxo para reservatórios elevados ou por meio de pressostatos para reservatórios no nível do solo, semi-enterrados ou enterrados.

2.2.4. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

É composto pela tubulação, hidrantes e mangotinhos.

A tubulação consiste de um conjunto de tubos, conexões e de outros componentes hidráulicos como, por exemplo, válvulas de fechamento e de manobra (gaveta, globo, angulares, etc.) destinados a conduzir a água, desde o reservatório até aos pontos de hidrantes ou de mangotinhos.

Todo e qualquer material previsto ou instalado deve ser capaz de resistir aos efeitos do calor, mantendo o seu funcionamento normal, ou seja, o meio de ligação entre os tubos, conexões e outros componentes deve garantir a estanqueidade e a estabilidade mecânica da junta e não deve sofrer comprometimento de desempenho.

Os componentes de materiais termoplásticos, como tubos e conexões, devem ser utilizados somente enterrados e fora da projeção da planta da edificação, atendendo aos requisitos de funcionamento da instalação em termos de resistência à pressão interna e a esforços mecânicos.

O hidrante é o ponto de tomada de água no qual há uma, (simples) ou duas (duplo) saídas contendo válvula angular com seus respectivos adaptadores, tampões, mangueira de incêndio, esguicho e requinte.

As válvulas dos hidrantes têm como função controlar e bloquear o fluxo de água no interior da tubulação e devem ter conexões iguais às adotadas pelo corpo de bombeiros, ou seja, tipo engate rápido.

A mangueira é um tubo flexível, com uniões do tipo engate, fabricado com fios naturais ou artificiais e utilizado para conduzir a água no trecho compreendido entre a válvula angular e o esguicho.

O esguicho, apresentado na figura 5, é um componente metálico adaptado na extremidade da mangueira, destinado a dar forma, direção e controle ao jato, podendo ser do tipo regulável (compacto ou neblina) ou de jato compacto. Os mais utilizados para hidrantes em edifícios são os do tipo agulheta com diâmetro nominal de 13, 16, 19 e 25 e o esguicho regulável com diâmetros nominais de 40 e 65.

FIGURA 5 - Esguicho para mangueira (RESMAT (s.d.)).

Os hidrantes podem ser de coluna, quando ligados à rede pública de distribuição de água e quando permitem a adaptação de bombas e mangueiras para a extinção de incêndios. São denominados de parede no caso de ponto de tomada de água instalado na rede particular, embutido em parede, podendo estar no interior de um abrigo de mangueira. São ainda denominados hidrantes internos quando instalados no interior da edificação, ou externos, caso contrário.

O mangotinho é o ponto de tomada de água no qual há uma simples saída contendo válvula de abertura rápida, adaptador (se necessário), mangueira semi-rígida acondicionada em carretel axial, esguicho regulável e demais acessórios. No sistema de mangotinhos são utilizados esguichos reguláveis com diâmetros nominais de19, 25 e 35.

2.2.5. OUTROS COMPONENTES

2.2.5.1. ABRIGO

É um compartimento, em geral na cor vermelha, embutido ou aparente, dotado de porta, destinado a armazenar carretéis, mangueiras, chaves de mangueiras, esguichos e outros equipamentos de combate a incêndio,

devendo ser capaz de protegê-los contra intempéries e danos diversos. É instalado em local visível e de fácil acesso, inclusive sinalizado de forma adequada.

2.2.5.2. CHAVE DE MANGUEIRA

A chave de mangueira é uma haste metálica de ramo curvo e destina-se a realizar o acoplamento e desacoplamento das juntas de união das mangueiras com o esguicho e a válvula angular no sistema de hidrante.

2.2.5.3. REGISTRO DE RECALQUE

Os sistemas de hidrantes e de mangotinhos devem ser dotados de registro de recalque de água, que consiste em um prolongamento da tubulação até a entrada principal da edificação ou área de risco e cujos engates devem ser compatíveis com os utilizados pelo corpo de bombeiros. Destina-se a permitir a introdução de água proveniente de fontes externas no sistema predial de combate a incêndio.

2.3. CRITÉRIOS DE PROJETO

A NBR 13714 (2000) e o Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, IT 22 (2004) recomendam os seguintes critérios de projeto:

• As edificações com área construída superior a 750 m^2 ou altura superior a 12 m devem ser protegidas por sistemas de mangotinhos ou de hidrantes.

• Os pontos de tomada de água devem ser posicionados:

o nas proximidades das portas externas, escadas e/ou acesso principal a ser protegido, a não mais de 5 m.

o em posições centrais nas áreas protegidas e obrigatoriamente nas proximidades das portas externas, escadas e/ou acesso principal a ser protegido, a não mais de 5 m.

o fora das escadas ou antecâmaras de fumaça.

o de 1,0 m a 1,5 m do piso.

• No caso de projetos utilizando hidrantes externos deverá atender ao afastamento de, no mínimo, uma vez e meia a altura da parede externa da edificação a ser protegida.

• O sistema deve ser projetado de tal forma que dê proteção em toda a edificação, sem que haja a necessidade de adentrar as escadas, antecâmaras ou outros locais determinados exclusivamente para servirem de rota de fuga dos ocupantes.

• Os hidrantes ou mangotinhos devem ser distribuídos de tal forma que qualquer ponto da área a ser protegida seja alcançado por um ou dois esguichos, conforme o tipo de sistema, considerando o comprimento da(s) mangueira(s) através de seu trajeto real e desconsiderando o alcance do jato de água.

2.4. CRITÉRIOS DE DIMENSIONAMENTO

O dimensionamento do sistema segundo a NBR 13714 (2000) e o Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, IT 22 (2004) deve atender aos critérios descritos a seguir:

• Considerar o uso simultâneo dos dois jatos de água mais desfavoráveis hidraulicamente, aqueles com menor pressão dinâmica no esguicho, para qualquer tipo de sistema especificado, prevendo em cada jato de água as vazões requeridas bem como a aplicabilidade do sistema em função da tipologia da edificação.

• No caso de edificações com mais de um tipo de ocupação, denominadas edificações com ocupação mista, que requeiram proteção por sistemas distintos, os sistemas devem ser dimensionados para cada tipo individualmente. Para essa mesma situação o Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, IT 22 (2004), permite o dimensionamento do sistema considerando-se o maior risco.

• O sistema deve ser dimensionado de modo que as pressões dinâmicas nas entradas dos esguichos não ultrapassem o dobro daquela obtida no esguicho mais desfavorável hidraulicamente.

• A pressão máxima de trabalho em qualquer ponto do sistema não deve ultrapassar a 1.000 kPa.

• A velocidade da água na tubulação de sucção das bombas de incêndio não devem ser superior a 2 m/s (sucção negativa) ou 3 m/s (sucção positiva).

• A velocidade máxima da água na tubulação não deve ser superior ao valor de 5 m/s.

• O volume do reservatório pode ser obtido em função da vazão total do sistema e do tempo de operação, que é definido em função do tipo de sistema (NBR 13714 (2000)); ou por meio de volume mínimo definido em função da classificação da edificação e áreas de risco (Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, IT 22 (2004)).

2.4.1. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O dimensionamento hidráulico do sistema deve ser realizado utilizando-se a eq. 1, de Darcy-Weisbach ou Fórmula universal, ou as equações 2 e 3, de Hazen-Williams.

$$hf = f \cdot \frac{L.v^2}{D.2g} + k. \frac{v^2}{2g}$$

onde:
hf = perda de carga, em mca;
f = fator de atrito;
L = comprimento virtual da tubulação (tubos e conexões), em m;
D = diâmetro interno, em m;
v = velocidade do fluido, em m/s;
g = aceleração da gravidade, em m/s2;
k = somatória dos coeficientes de perda de carga das singularidades (conexões).

$$J = 605 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \times 10^5$$

e

$$hf = J \cdot Lt$$

onde:
hf = perda de carga, em kPa;
Lt = comprimento total, sendo a soma dos comprimentos da tubulação e dos comprimentos equivalentes das conexões;
J = perda de carga unitária, em kPa/m;
Q = vazão, em L/min;
C = fator de Hazen-Williams (depende do material da tubulação);
D = diâmetro interno, em mm.

3. Sistema de chuveiros automáticos

O sistema de chuveiros automáticos é um sistema fixo de combate a incêndio e caracteriza-se por entrar em operação automaticamente, quando ativado por um foco de incêndio, liberando água em uma densidade adequada ao risco do local que visa proteger e de forma rápida para extingui-lo ou controlá-lo em seu estágio inicial.

A sua eficácia é reconhecida em função do menor tempo decorrido entre a detecção e o combate ao incêndio, pois essa característica pode evitar a propagação do incêndio para o restante da edificação. Outra característica importante desse sistema é o acionamento do alarme simultaneamente com o início de operação, o que propicia a fuga dos usuários com segurança.

O princípio de operação desse sistema consiste em confinar o fogo na área de aplicação controlando ou extinguindo o foco do incêndio em seu estágio inicial, por meio de descarga automática de água. Assim, em uma grande área sem compartimentação como, por exemplo, em um galpão industrial, o sistema de chuveiros automá-

ticos opera como compartimentação agindo na área restrita ao foco do incêndio, evitando a propagação do fogo e reduzindo os danos. Já o princípio de funcionamento do chuveiro automático é atuar como alarme, detectar e combater o fogo.

3.1. HISTÓRICO

O sistema de chuveiros automáticos teve o início de seu desenvolvimento no século XIX, embora o aperfeiçoamento de vários tipos de sistemas e de chuveiros tenha ocorrido no século XX.

Segundo BRYAN (1976), o primeiro sistema de chuveiros automáticos foi criado na Inglaterra, em 1806, por John Carey. Esse sistema consistia de tubos perfurados conectados a um sistema de suprimento de água com um reservatório elevado. A coluna de distribuição de água continha uma válvula fechada conectada a um sistema de cordas e de pesos, que era arranjado de tal forma que as cordas ao serem queimadas abriam uma válvula por operação de um contrapeso liberando água para a extinção do fogo.

Em 1812, Sir William Congreve melhorou o sistema de John Carey substituindo as cordas por um cimento fundível, projetado para entrar em operação a 44ºC. Ao patentear o seu sistema, Congreve incluiu uma ligação que é considerada a primeira válvula de alarme, que operava pela queda de um peso.

O Major Stewart Marcison, em 1864, projetou um chuveiro automático, considerado como o protótipo, pois apresentava elemento termo-sensível, que se fundia sob a ação do calor e permitia a descarga da água sob pressão em todas as direções, acionando somente aqueles atingidos pela ação do calor. Mais tarde, Henry Parmelee produziu um chuveiro automático que foi o primeiro a ser aceito comercialmente e também reconhecido pelas seguradoras (GONÇALVES e FEITOSA (1998)).

Ainda, segundo os mesmos autores, em 1922 foi lançado pela Grinnell um chuveiro com ampola de vidro com o objetivo de eliminar os problemas de corrosão que ocorria nos modelos de metal. A partir daí, houve uma série de pesquisas contínuas no sentido de aperfeiçoar e, conseqüentemente, melhorar a eficiência desse sistema, que é atualmente considerado o mais importante sistema de proteção contra incêndio.

Conforme o API GROUP INC. (s.d), a evolução histórica do sistema de chuveiros automáticos pode ser descrita da seguinte forma:

- 1806 – John Carey projeta um sistema de tubos perfurados, atuadores e cordas em chamas.
- 1812 – Cel. William Congreve projeta tubos perfurados com válvulas.
- 1875 – Parmelee inventa o primeiro chuveiro automático moderno.
- 1882 – Grinnell inventa um sistema de chuveiro automático melhorado que com capacidade de suportar pressões maiores e de distribuir a água mais uniformemente.
- 1885 – John R. Freeman realiza testes extensivos em sistemas de chuveiros automáticos.
- 1895 – Reunião dos representantes de seguradoras em Nova York para estabelecer normas de proteção contra incêndio.
- 1896 – a NFPA (National Fire Protection Association) é oficialmente instituída e publica normas para sistemas de proteção contra incêndio.

3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS

Conforme a NBR 10897 (1990), os sistemas de chuveiros automáticos classificam-se em: sistema de tubo molhado, sistema de tubo seco, sistema de ação prévia, sistema dilúvio e sistema combinado de tubo seco e ação prévia.

3.2.1. SISTEMA DE TUBO MOLHADO

Emprega chuveiros automáticos ligados aos ramais de uma rede de tubulação fixa contendo água sob pressão. É controlado em sua entrada, por uma válvula de alarme cuja função é fazer soar automaticamente um alarme quando da abertura de um ou mais chuveiros acionados pelo incêndio. Os chuveiros automáticos realizam de forma simultânea a detecção, alarme e combate ao fogo. Nesse sistema o agente extintor, a água, somente é descarregada pelos chuveiros ativados pela ação do fogo. É recomendado para locais nos quais não há risco de congelamento da água na tubulação.

3.2.2. SISTEMA DE TUBO SECO

Consiste de uma rede de tubulação fixa contendo ar comprimido ou nitrogênio sob pressão, na qual estão instalados chuveiros automáticos em seus ramais. O sistema possui uma válvula, denominada válvula de tubo seco, que é aberta quando da liberação do gás contido na tubulação pelo acionamento dos chuveiros automáticos e, dessa forma, permite a admissão da água na rede da tubulação. Esse tipo de sistema é destinado em locais de baixas temperaturas, podendo ocasionar o congelamento da água na tubulação.

Uma característica deste sistema é o intervalo de tempo relativamente prolongado entre a abertura do chuveiro automático e a descarga de água, o que propicia a propagação do incêndio e, conseqüentemente, aumentando o número de chuveiros a serem abertos.

3.2.3. SISTEMA DE AÇÃO PRÉVIA

Consiste de uma rede de tubo seco contendo ar que pode estar ou não sob pressão, em cujos ramais são instalados os chuveiros automáticos. Na mesma área protegida pelo sistema de chuveiro, é instalado um sistema de detecção de incêndio muito mais sensível, interligado a uma válvula especial, instalada na entrada da rede de tubulação. A atuação de quaisquer dos detectores, motivada por princípio de incêndio, faz com que a válvula especial seja aberta automaticamente. Uma vez aberta a válvula especial, ela permite a entrada de água na rede, que descarregará nos chuveiros ativados pelo fogo. A ação prévia do sistema de detecção faz soar simultânea e automaticamente um alarme de incêndio, antes da abertura de qualquer chuveiro automático.

A principal diferença entre os sistemas de ação prévia e de tubo seco é que no sistema de ação prévia a válvula especial atua independentemente da abertura dos chuveiros, ou seja, ela é acionada pela operação automática de um sistema de detecção de incêndio e não pela abertura de um chuveiro.

O sistema de ação prévia apresenta algumas vantagens sobre o sistema de tubo seco, sendo destacadas as seguintes:

- a válvula é aberta em menor tempo, uma vez que o detector automático é mais sensível que o chuveiro.
- o sistema de detecção torna o acionamento do alarme mais rápido.
- o alarme é dado quando a válvula é aberta.
- os danos causados pela água e pelo fogo são menores, pois a água é descarregada sobre o fogo assim que o chuveiro é aberto.

3.2.4. SISTEMA DILÚVIO

Consiste de uma rede de tubulação seca em cujos ramais estão instalados os chuveiros automáticos abertos, ou seja, não possuem elementos termos-sensíveis como também nenhum tipo de obstrução. É acrescido de um sistema de detecção de incêndio, na mesma área de proteção e interligado a uma válvula, denominada válvula-dilúvio e instalada na entrada da rede de tubulação, a qual entra em operação quando da atuação de qualquer detector, motivado pelo princípio de incêndio ou mesmo pela ação manual de um controle remoto. Após a abertura da válvula-dilúvio, a água entra na rede e é descarregada por todos os chuveiros abertos. Nesse instante, de forma automática e simultânea, soa um alarme de incêndio.

Em casos especiais, o acionamento da válvula-dilúvio pode ser feito por meio de um sistema de detecção de gases específicos.

3.2.5. SISTEMA COMBINADO DE TUBO SECO E AÇÃO PRÉVIA

Apresenta as características essenciais desses dois tipos de sistema. Consiste de uma rede de tubo seco contendo ar comprimido, em cujos ramais estão instalados os chuveiros automáticos, e de um sistema suplementar de detecção de incêndio de operação muito mais sensível que os chuveiros automáticos, instalado na mesma área dos chuveiros. O sistema de detecção é ligado a uma válvula de tubo seco instalada na entrada da rede de tubulação. Com a atuação de quaisquer dos detectores a válvula de tubo seco é aberta sem que ocorra a perda da pressão do ar comprimido contido na rede dos chuveiros automáticos. As válvulas de alívio de ar também são abertas pela atuação do sistema de detecção.

Essas são instaladas nos extremos das tubulações gerais da rede de chuveiros automáticos, facilitando o enchimento com água de toda a tubulação do sistema, procedendo geralmente, a abertura de quaisquer dos chuveiros automáticos.

3.3. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS DAS OCUPAÇÕES

A classificação do risco quanto à ocupação tem como objetivo principal a proteção da edificação em relação à quantidade de carga incêndio, ao risco de inflamação dos materiais ou produtos contidos e às características de ocupação ou uso do ambiente por meio de uma quantidade adequada de chuveiros automáticos (GONÇALVES; FEITOSA (1998)).

Esta classificação, segundo a NBR 10897 (1990), e apresentada a seguir, aplica-se somente aos sistemas de chuveiros automáticos e seus abastecimentos de água.

3.3.1. OCUPAÇÕES DE RISCO LEVE

Compreendem as ocupações isoladas em que o volume e a combustibilidade do conteúdo, ou seja, da carga-incêndio são baixos. São exemplos de edificações com esse tipo de risco:

- edifícios residenciais.
- escolas (salas de aula).
- bibliotecas.
- escritórios (incluindo Centros de Processamento de Dados).

3.3.2. OCUPAÇÕES DE RISCO ORDINÁRIO

Compreendem as ocupações isoladas em que o volume e a combustibilidade do conteúdo, ou seja, da carga-incêndio são médios e subdividem-se em três grupos, conforme descritos a seguir.

3.3.2.1. OCUPAÇÕES DE RISCO ORDINÁRIO - GRUPO I

Ocupações ou parte das ocupações isoladas comerciais ou industriais em que a combustibilidade do conteúdo é baixa, a quantidade de combustíveis é moderada, a altura dos estoques não excede 2,4 m e, finalmente, em caso de incêndio, a liberação moderada de calor é esperada. São exemplos de atividades e de edificações com esse tipo de risco:

- fabricação de eletrônicos.
- lavanderias.
- padarias e confeitarias.
- restaurantes (áreas de serviço).

3.3.2.2 .OCUPAÇÕES DE RISCO ORDINÁRIO - GRUPO II

Ocupações ou parte das ocupações isoladas comerciais ou industriais onde a quantidade e a combustibilidade dos conteúdos são moderadas, a altura dos estoques não excede 3,7 m e, finalmente, em caso de incêndio, a liberação moderada de calor é esperada. São exemplos de edificações com este tipo de risco:

- shopping centers.
- câmaras frias.
- supermercados.
- lojas de departamentos.
- confecções.

3.3.2.3 OCUPAÇÕES DE RISCO ORDINÁRIO - GRUPO III

Ocupações ou parte das ocupações isoladas comerciais ou industriais nas quais a quantidade e a combustibilidade dos conteúdos são altas e, em caso de incêndio, a alta velocidade de desenvolvimento de calor é esperada. São exemplos de edificações com esse tipo de risco:

• cinemas.
• tinturaria.
• lojas de departamentos.
• confecções.

3.3.3. OCUPAÇÕES DE RISCO EXTRAORDINÁRIO

Compreendem as ocupações isoladas em que o volume e a combustibilidade do conteúdo, ou seja, da carga-incêndio são altas e possibilitam incêndio de rápido desenvolvimento e alta velocidade de liberação de calor e subdividem-se em dois grupos, apresentados a seguir.

3.3.3.1. OCUPAÇÕES DE RISCO EXTRAORDINÁRIO - GRUPO I

Ocupações ou parte das ocupações isoladas em que se empregam líquidos inflamáveis e combustíveis em pequena quantidade, ou ambientes com presença de poeiras, felpas, vapores e outras substâncias combustíveis de moderada a substancial quantidade. São exemplos de atividades e de edificações com este tipo de risco:

• fabricação de fogos de artifício.
• hangares.
• serrarias.
• reciclagem, mistura, secagem, moagem e vulcanização de borracha.

3.3.3.2 OCUPAÇÕES DE RISCO EXTRAORDINÁRIO - GRUPO II

Ocupações ou parte das ocupações isoladas em que se empregam líquidos inflamáveis e combustíveis de moderada a substancial quantidade. São exemplos de atividades e de edificações com esse tipo de risco:

• fabricação de fogos de artifício.
• hangares.
• serrarias.
• reciclagem, mistura, secagem, moagem e vulcanização de borracha.

3.3.4. OCUPAÇÕES DE RISCO PESADO

Compreendem as ocupações ou parte das ocupações isoladas, comerciais ou industriais, em que se armazenam líquidos inflamáveis, produtos de alta combustibilidade tais como: borracha, papel e papelão, espumas celulares ou materiais comuns em alturas superiores às previstas para as ocupações de risco ordinário.

3.4. ELEMENTOS E COMPONENTES DO SISTEMA

O sistema de chuveiros automáticos apresenta os elementos e componentes, apresentados na Figura 6, e organizados em quatro subsistemas: abastecimento de água, pressurização, válvula de governo e alarme e distribuição.

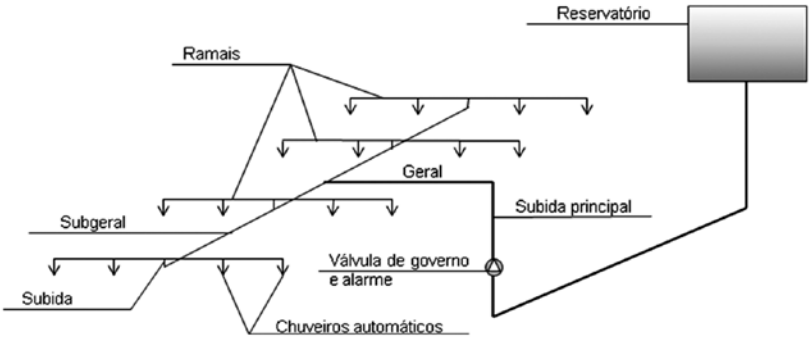


FIGURA 6 - Elementos do sistema de chuveiros automáticos

3.4.1. SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

O volume de água necessário ao sistema de chuveiros automáticos está relacionado com o número de chuveiros esperados para entrar em operação que, por sua vez, depende da capacidade de resfriamento da descarga de água ser maior que a liberação de calor gerado pelo fogo. A exceção é feita para os casos em que o sistema é projetado para abrir todos os chuveiros na área de incêndio como, por exemplo, no sistema dilúvio.

Todo sistema de chuveiros automáticos deve possuir pelo menos um sistema de abastecimento de água exclusivo e de operação automática, com capacidade suficiente para atender adequadamente a vazão do sistema. Conforme a NBR 10897 (1990), o abastecimento de água necessário para um sistema de chuveiros automáticos pode ser suprido pelas seguintes fontes:

• reservatório elevado.

• reservatório elevado, no nível do solo, semi-enterrado ou enterrado; piscina; açude; represa; rio; lago e lagoa com uma ou mais bombas de incêndio.

• tanque de pressão.

O sistema de abastecimento de água pode ser simples ou duplo, dependendo do tipo de risco e em atendimento aos requisitos de volume, vazão e pressão requeridos para cada caso. Dessa forma, pode-se utilizar sistema simples com tanque de pressão somente para os casos com risco leves ou ordinários do grupo 1 ou reservatório elevado para qualquer classe de risco, desde que atenda aos requisitos de volume, vazão e pressão requeridos para o sistema em questão ou sistema duplo. Ainda, pode-se utilizar um sistema de suprimento de água duplo com um tanque de pressão e reservatório elevado, somente para os casos de risco leves e ordinários do grupo 1.

A capacidade efetiva dos reservatórios deve ser calculada em função do tempo mínimo de operação do sistema de chuveiros automáticos para cada classe de risco de ocupação, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Tempo mínimo de duração de operação do sistema de chuveiros para cada classe de risco de ocupação (NBR 10897 (1990))

CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS	REQUESITOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA SISTEMAS DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS ELABORADOS POR TABELA OU CÁLCULO HIDRÁULICO		
	PRESSÕES E VAZÕES MÍNIMAS NA VÁLVULA E CHAVE DETECTORA DE FLUXO DE ÁGUA		TEMPO MÍNIMO DE OPERAÇÃO PARA DETERMINAR A CAPACIDADE EFETIVA (min)
	PRESSÃO (kPa)	VAZÃO (L/min)	
Risco leve	110	1.000	30
Risco ordinário (grupo I)	110	1.800	60
Risco ordinário (grupo II)	110	2.600	60
Risco ordinário (grupo III)	250	4.500	60
Risco extraordinário	350	6.000	90

Notas:

a) Nas pressões acima, é adicionada a pressão estática entre a válvula-alarme e/ou chave detectora de fluxo de água e o chuveiro mais elevado.

b) Nas vazões acima, não estão incluídas as vazões de hidrantes ou mangotinhos.

c) Nos sistemas de chuveiros dimensionados por cálculo hidráulico, as pressões acima são substituídas pelas pressões resultantes do cálculo.

3.4.2. SISTEMA DE PRESSURIZAÇÃO

Tem a função de garantir ao sistema vazão e pressão adequada ao tipo de risco do sistema e constitui-se do conjunto moto-bomba. As bombas, segundo a NBR 10897 (1990), devem ser dos seguintes tipos:

• centrífuga horizontal de sucção frontal.
• centrífuga horizontal de carcaça bipartida.
• centrífuga e/ou turbina horizontal.

As bombas devem ser diretamente acopladas, por meio de luva elástica a motores elétricos ou a diesel, sem interposição de correias ou correntes. Também, devem possuir dispositivo para partida automática pela queda de pressão hidráulica no sistema de distribuição dos chuveiros automáticos. Ainda, deve ser introduzido um dispositivo que, após a partida do motor, o desligamento só possa ser efetuado por controle manual.

Para evitar a operação indevida da bomba principal, deve ser instalada uma bomba de pressurização, denominada jockey, para compensar pequenos e eventuais vazamentos na tubulação, em uma faixa de pressão hidráulica preestabelecida para garantir uma pressão hidráulica de supervisão no sistema de distribuição. Essa bomba deve manter a rede do sistema de chuveiros sob uma pressão imediatamente superior à pressão máxima da bomba principal, sem vazão, e sua demanda nominal não superior a 20 L/min (1,2 m3/h).

3.4.3. SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO

Constitui-se de uma rede de tubulações compreendida desde a válvula de governo e alarme até aos chuveiros automáticos.

3.4.3.1. VÁLVULA DE GOVERNO E ALARME

Para o sistema de tubo molhado, a Válvula de Governo e Alarme (VGA) é uma válvula de retenção com uma série de orifícios roscados para a ligação de componentes de controle e alarme descritos a seguir:

• válvula de drenagem de 11/2" ou 2", para esvaziar o sistema e reabastecer os chuveiros atingidos pelo fogo.

• manômetros, a montante e a jusante do obturador. O superior deve marcar uma pressão igual ou maior ao inferior.

• linha de alarme para ligar o pressostato e alarme hidromecânico tendo câmara de retardação, quando necessário.

Quando da abertura de um ou mais chuveiros, durante um incêndio, a pressão hidráulica na rede de distribuição diminui. Dessa forma, a pressão da água, abaixo do obturador, por diferencial de pressão, impele-o para cima, fornecendo água para o sistema e provocando a abertura da válvula auxiliar para permitir a passagem de água para acionar o circuito de alarme.

Conforme a NBR 10897 (1990), a área máxima de um pavimento, controlada por um jogo de válvulas, para cada classe de risco de ocupação, deve atender a Tabela 2.

Tabela 2 - Áreas máximas de um pavimento, controlada por um jogo de válvulas, para cada classe de risco de ocupação (NBR 10897 (1990))

RISCO DE OCUPAÇÃO	ÁREA MÁXIMA (M^2)
Leve	5.000
Ordinário	5.000
Extraordinário	3.000
Pesado	4.000

3.4.3.2. TUBULAÇÕES

São elementos do sistema e podem ser especificadas com os seguintes materiais: aço carbono com ou sem costura, aço preto ou galvanizado e cobre sem costura. A NBR 10897 (1990) aprova também o emprego de tubulações de PVC rígido, cimento amianto e poliéster reforçado com fibra de vidro, desde que tenham desempenho equivalente aos das tubulações aparentes e enterradas. As tubulações, conforme apresentadas na Figura 6,

recebem as seguintes denominações e funções: ramais, subgeral, geral, subidas ou descidas e subida principal.

a) Ramais

São as ramificações onde os chuveiros automáticos são instalados diretamente ou utilizando-se tubos horizontais com 60 cm de comprimento máximo.

b) Subgeral

É a tubulação que interliga a geral aos ramais e tem a função de alimentar os ramais.

c) Geral

É a tubulação que interliga a subida principal à subgeral e tem a função de alimentar a subgeral.

d) Subidas ou descidas

São as tubulações em posição vertical, de subidas ou descidas, conforme o sentido de escoamento da água. Essas tubulações fazem as ligações entre as redes de chuveiros dos diversos níveis ou pavimentos, as ligações das subgerais com os ramais ou, ainda, as dos chuveiros individuais com os ramais quando a subida ou a descida excede de 30 cm de comprimento.

e) Subida principal

É a tubulação que interliga a rede do sistema de abastecimento com a rede do sistema de distribuição e onde é instalada a válvula de governo e alarme (VGA) que controla e indica a operação do sistema.

f) Chuveiros

Também denominados sprinklers, podem ser do tipo aberto ou automático.

Os chuveiros abertos são aqueles que não dispõem de componente termo-sensível ou qualquer outro componente que obstrua a passagem de água. São empregados no sistema dilúvio e destinados à proteção de ocupações de risco extraordinário e risco pesado.

Os chuveiros automáticos são componentes termos-sensíveis projetados para reagir a uma temperatura predeterminada, liberando de forma automática uma descarga de água na forma e quantidade adequada sobre uma área preestabelecida ou apropriada. São providos de um mecanismo comandado por um elemento termo-sensível como, por exemplo, bulbo de vidro, solda eutética etc., que os mantém hermeticamente fechados. Sob a ação do calor de um incêndio, automaticamente entram em operação.

• ***Chuveiro automático com elemento termo-sensível tipo solda eutética, apresentado na Figura 7 (a)*** **–** opera a partir da fusão de uma liga de metal com ponto de fusão predefinido. Entende-se por solda eutética a mistura de dois ou mais metais que dá ponto de fusão na temperatura mais baixa possível. Em geral, as soldas utilizadas em chuveiros automáticos são ligas de um ótimo grau de fusibilidade, compostas principalmente de estanho, chumbo, cádmio e bismuto, pois têm pontos de fusão bem definidos.

• ***Chuveiro automático com elemento termo-sensível tipo ampola, apresentado na Figura 7 (b)*** **–** possui como elemento termo-sensível uma ampola de vidro especial que contém um líquido expansível e uma bolha de ar em seu interior. Assim que o líquido é expandido pela ação do calor, a bolha de ar é comprimida e absorvida pelo líquido aumentando rapidamente a pressão e rompendo o bulbo e, desta forma, liberando a válvula ou o tampão.

(a) (b)

FIGURA 7 - Chuveiros automáticos com elemento termo-sensível tipo solda eutética (a) e tipo ampola (b) (RELIABLE (s.d.))

O defletor, componente do chuveiro que tem importante função, uma vez que o seu desenho define a forma do jato e como ele deve ser distribuído para cobrir e proteger a área. O desenho do defletor determina a forma de instalação a ser feita, se na posição em pé ou pendente.

Os chuveiros, quanto à descarga de água, podem ser classificados em: chuveiro-padrão, chuveiro tipo antigo e chuveiro lateral.

• ***Chuveiro-padrão (spray)*** **–** apresenta defletor que faz com que a água seja projetada para baixo, com pequeníssima ou nenhuma quantidade dirigida contra o teto. A descarga da água é abaixo do plano do defletor e a forma de distribuição do jato é hemisférica, que é dirigido totalmente sobre o foco do incêndio.

• ***Chuveiro tipo antigo*** **–** o defletor permite que uma parte da água seja projetada contra o teto e o restante para baixo, tomando uma forma aproximadamente esférica.

• ***Chuveiro lateral (sidewall)*** **–** distribui a água de tal forma que grande parte dela seja aspergida para frente e para os lados, em forma de um quarto de esfera, e uma pequena quantidade para trás contra a parede. São empregados em ambientes estreitos, cuja largura não exceda o alcance do jato.

• ***Chuveiro especial*** **–** instalado embutido ou rente ao forro falso por motivo de estética. Esse tipo de chuveiro somente é instalado na posição pendente.

Os chuveiros, quanto à posição de instalação do defletor, podem ser classificados em: chuveiro para cima (up right), chuveiro pendente e chuveiro lateral (sidewall), conforme apresentados na Figura 8.

FIGURA 8 - Chuveiros automáticos dos tipos: para cima ou up right (a); pendente (b) e lateral (c) (RELIABLE (s.d.))

Os chuveiros automáticos são classificados em função das temperaturas e das cores do elemento termo-sensível conforme apresentam as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Classificação das temperaturas e codificação das cores dos chuveiros automáticos com elemento termo-sensível tipo ampola (NBR 10897 (1990))

TEMPERATURA MÁXIMA NO TELHADO (ºC)	TEMPERATURA RECOMENDADA DO CHUVEIRO	CLASSIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO DO CHUVEIRO	COR DO LÍQUIDO DA AMPOLA
38	57	Ordinária	Laranja
49	68	Ordinária	Vermelha
60	79	Intermediária	Amarela
74	93	Intermediária	Azul
121	141	Alta	Verde
152	18/2	Muito alta	Roxa
175/238	204/260	Extra-alta	Preta

Tabela 4 - Classificação das temperaturas e codificação das cores dos chuveiros automáticos com elemento termo-sensível tipo solda eutética (NBR 10897 (1990))

TEMPERATURA MÁXIMA NO TELHADO (ºC)	TEMPERATURA RECOMENDADA DO CHUVEIRO	CLASSIFICAÇÃO DA TEMPERATURA DE OPERAÇÃO DO CHUVEIRO	COR DO LÍQUIDO DA AMPOLA
38	57 a 77	Ordinária	Incolor
66	79 a 107	Intermediária	Abranca
107	121 a 149	Alta	Azul
149	163 a 191	Muito alta	Vermelha
191	204 a 246	Extra-alta	Verde
246	260 a 302	Altíssima	Laranja
329	343	Altíssima	Laranja

Os chuveiros apresentam diâmetros nominais para três tipos de orifícios, conforme apresenta a Tabela 5.

Tabela 5: Diâmetro do chuveiro, fator "K" para o cálculo da vazão e características das roscas (NBR 10897 (1990))

DIÂMETRO NOMINAL DO CHUVEIRO (mm)	ORIFÍCIO DO CHUVEIRO		FATOR "K" (S.I)	DIÂMETRO NOMINAL E TIPO DE ROSCA (mm)
	TIPO	DIÂMETRO (mm)		
10	Pequeno	11	57 ± 5%	10 BSPT
15	Médio	12,7	80 ± 5%	15 BSPT
20	Grande	13,5	115 ± 5%	20 BSPT

3.5. CRITÉRIOS DE PROJETO

3.5.1. FATORES QUE INFLUENCIAM A RESPOSTA DO CHUVEIRO

A altura e a forma do teto influenciam o tempo de resposta do chuveiro para o início do combate ao incêndio.

Com relação à altura do teto, os gases quentes, por convecção, sobem na forma de uma nuvem até o teto e ativam o chuveiro. Dessa forma, para tetos mais altos, a camada será mais espessa no momento de operação do chuveiro, devido ao esfriamento dos gases em seu trajeto.

Com relação à forma do teto, tem-se que:

• qualquer obstrução no teto representa uma barreira para a camada de gases quentes subir.

• tetos com vigas ou nervuras tendem a canalizar os gases quente entre as vigas, e somente os chuveiros entre ou junto a essas vigas são prováveis de entrar em operação, pelo menos inicialmente.

• os telhados inclinados atuam como poços invertidos, nos quais os gases quentes sobem e podem impedir que os chuveiros operem na base do telhado.

3.5.2. DISTRIBUIÇÃO DOS CHUVEIROS

A distribuição dos chuveiros é uma etapa importante no desenvolvimento do projeto, uma vez que a atuação de um chuveiro pode retardar a abertura de outro que está sobre o foco do incêndio, devido a uma distância inadequada. Assim, conforme a NBR 10897 (1990), as distâncias de chuveiros nos ramais e entre ramais e entre elementos estruturais são os apresentados a seguir.

3.5.2.1. DISTÂNCIAS ENTRE RAMAIS E ENTRE CHUVEIROS NOS RAMAIS

As distâncias entre ramais e chuveiros e entre chuveiros nos ramais variam em função do tipo de risco de ocupação, da seguinte forma:

• riscos leve e ordinário – não devem exceder a 4,60 m.

• riscos extraordinário e pesado – não devem exceder a 3,70 m.

A distância das paredes aos chuveiros não deve exceder a metade da distância entre os chuveiros nos ramais ou entre ramais, devendo ser observadas as exceções na NBR 10897 (1990).

A distância mínima entre chuveiros deve ser de 1,80 m, para evitar que a atuação de um chuveiro não venha a retardar a atuação do adjacente, devendo ser observadas as recomendações para distâncias menores na NBR 10897 (1990).

3.5.2.2. DISTÂNCIAS ENTRE CHUVEIROS E ELEMENTOS ESTRUTURAIS

As distâncias entre pilares e chuveiros variam em função do tipo de ocupação de risco, da seguinte forma:

• para quaisquer tipos de ocupações de risco, a distância mínima entre pilares e chuveiros deve ser de 0,30 m.

• riscos leve e ordinário – a distância máxima entre a face dos pilares e chuveiros pode chegar a 2,30 m, desde que seja respeitada a área máxima de cobertura permitida por chuveiro.

• riscos extraordinário e pesado – a distância máxima entre a linha de centro dos pilares e chuveiros pode chegar a 1,80 m, desde que seja respeitada a área máxima da cobertura permitida por chuveiro.

As posições dos chuveiros e respectivos defletores em relação às vigas e dutos, para quaisquer tipos de ocupações de risco, devem obedecer à Tabela 6 e Figura 9.

Tabela 6 - Distâncias entre vigas e chuveiros com respectivos defletores (NBR 10897 (1990))

DISTÂNCIA DO CHUVEIRO DA FACE LATERAL DA VIGA (m)	MÁXIMA DISTÂNCIA DO DEFLETOR DO CHUVEIRO ACIMA DA FACE INFERIOR DA VIGA (m)
Até 0,30	---
De 0,31 a 0,60	0,025
De 0,61 a 0,75	0,050
De 0,76 a 0,90	0,080
De 0,91 a 1,05	0,10
De 1,06 a 1,20	0,15
De 1,21 a 1,35	0,18
De 1,36 a 1,50	0,23
De 1,51 a 1,65	0,28
De 1,66 a 1,80	0,35

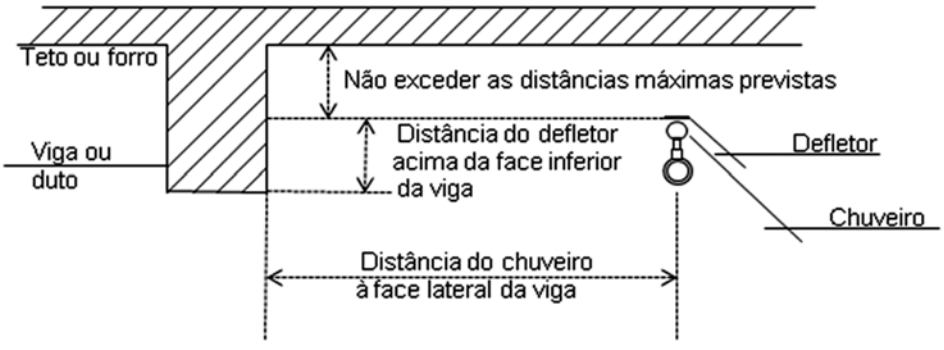


FIGURA 9 - Distâncias entre vigas e chuveiros com respectivos defletores (NBR 10897 (1990))

3.5.3. POSICIONAMENTO DOS CHUVEIROS EM RELAÇÃO AO TETO

O posicionamento dos chuveiros em relação ao teto deve ser definido em função do tipo de teto: horizontal, inclinado ou curvo.

Além disso, devem ser considerados o tipo e o material do teto, ou seja: teto liso, teto constituído por vigas e nervuras, teto de madeira, teto em forma de colméia ou teto com estrutura metálica.

3.5.4. CONEXÃO DO SISTEMA DE HIDRANTES E MANGOTINHOS NO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

Segundo a NBR 10897 (1990), os sistemas de hidrantes e mangotinhos somente podem ser conectados em sistemas de chuveiros do tipo molhado, obedecendo às seguintes condições:

• a tubulação de abastecimento dos pontos de hidrantes deve ser conectada antes das válvulas de controle individual dos sistemas de chuveiros automáticos.

• a tubulação de abastecimento dos pontos de mangotinhos pode ser conectada antes ou depois das válvulas de controle individual dos sistemas de chuveiros. Quando conectada depois das válvulas de controle individual dos sistemas de chuveiros, a tubulação de abastecimento do mangotinho deve ser feita em tubulação de diâmetro nominal de, no mínimo, 65 mm do sistema de chuveiros.

• os comprimentos da tubulação de abastecimento de um mangotinho não devem exceder a 6,0 m quando esta tubulação for de diâmetro nominal de 25 mm, e 24,0 m quando o diâmetro nominal for de 32 mm. Para comprimentos maiores que 24,0 m, o diâmetro nominal deve ser de 40 mm.

• a tubulação de descida para o ponto do mangotinho pode ser de diâmetro mínimo de 25 mm.

• em sistemas de chuveiros em anel ou malha, hidraulicamente calculados, a conexão da tubulação de abastecimento do mangotinho pode ser feita em tubulação de diâmetro nominal de, no mínimo, 50 mm do sistema de chuveiros.

3.6. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE CHUVEIROS AUTOMÁTICOS

O sistema de chuveiros automáticos pode ser dimensionado hidraulicamente ou por meio de tabelas. O método por tabelas permite somente a disposição da tubulação na forma ramificada, enquanto o cálculo hidráulico permite uma maior flexibilidade quanto à escolha da configuração da tubulação podendo ser na forma de malha ou em anel.

3.6.1. DIMENSIONAMENTO POR TABELA

Nesse método os diâmetros nominais das tubulações são estabelecidos com base em tabelas definidas em normas, em função de cada classe de risco de ocupação e do material da tubulação.

Para o dimensionamento do sistema utilizando-se a NBR 10897 (1990) devem ser atendidas as recomendações das tabelas 7 e 8 para ocupações de risco leve e ordinário, respectivamente. Para outras situações como, por exemplo, um mesmo ramal que alimenta chuveiros acima e abaixo de forros, devem ser consultadas outras tabelas na NBR 10897 (1990).

Tabela 7: Ocupações de risco leve (NBR 10897 (1990))

DIÂMETRO NOMINAL (mm)	QUANTIDADE MÁXIMA DE CHUVEIROS /TUBOS DE AÇO	QUANTIDADE MÁXIMA DE CHUVEIROS /TUBOS DE COBRE
25	2	2
32	3	3
40	5	5
50	10	12
65	30	40
80	60	65
100	(*)	(*)

Tabela 8: Ocupações de risco ordinário (NBR 10897 (1990))

DIÂMETRO NOMINAL (mm)	QUANTIDADE MÁXIMA DE CHUVEIROS /TUBOS DE AÇO	QUANTIDADE MÁXIMA DE CHUVEIROS /TUBOS DE COBRE
25	2	2
32	3	3
40	5	5
50	10	12
65	30	40
80	60	65
100	(*)	(*)

(*) Recomendações específicas, que devem ser obtidas da NBR 10897 (1990).

3.6.2. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

Consiste na determinação dos diâmetros nominais da tubulação por meio de cálculo de perda de carga de modo a garantir uma densidade preestabelecida e distribuída, com certa uniformidade, sobre uma área de aplicação de chuveiros operando simultaneamente e de maneira a atender às características de pressão e de vazão.

Para o dimensionamento por cálculo hidráulico utilizando a NBR 10897 (1990) são necessárias as seguintes informações:

- área de aplicação, em m^2.
- densidade, em mm/min.
- área máxima coberta por chuveiros, em m^2.
- demanda adicional para hidrantes.
- dados sobre os abastecimentos de água.

3.6.2.1. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE APLICAÇÃO

A área de aplicação deve ser definida levando-se em conta a região do sistema hidraulicamente mais desfavorável em relação à Válvula de Governo e Alarme (VGA) do sistema. Essa área deve ser retangular de tal forma que a dimensão de um lado do retângulo, paralelo aos ramais, seja igual a 1,2 vezes a raiz quadrada da área de aplicação. Podem ser incluídos chuveiros em ambos os lados do subgeral.

Quando a área de aplicação for um corredor protegido por um único ramal deve ser considerada uma quantidade máxima de cinco chuveiros.

3.6.2.2. DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE

A densidade e a área de aplicação variam em função da classe de risco de ocupação, conforme apresentado na Figura 10.

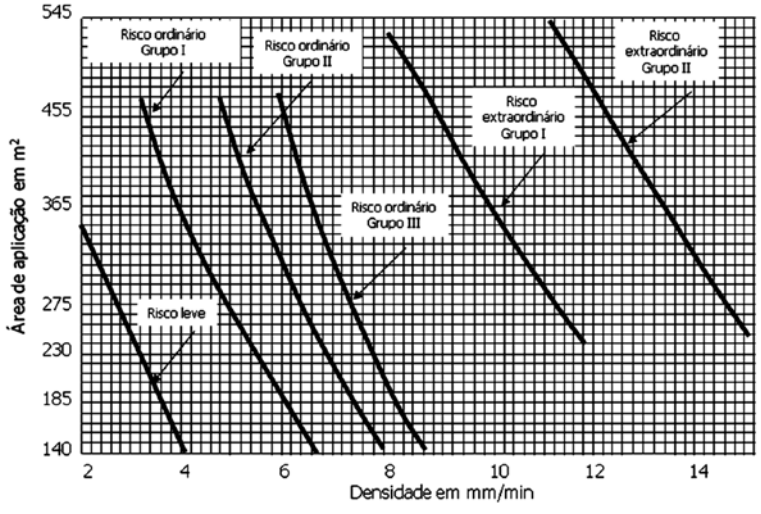


FIGURA 10 - Área de aplicação e densidade em função da classe de risco de ocupação (NBR 10897 (1990))

3.6.2.3. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE COBERTURA DOS CHUVEIROS NA ÁREA DE APLICAÇÃO

A área de cobertura dos chuveiros é calculada por meio da eq. 4 e critério ilustrado na Figura 11:

$$Ac = C \times L$$

onde:
Ac = área de cobertura do chuveiro.
C = distância entre chuveiros ao longo dos ramais ou o dobro da distância da parede até o último chuveiro, adotando-se sempre o maior;.
L = distância entre ramais ou o dobro da distância da parede até o último ramal, adotando-se sempre o maior.

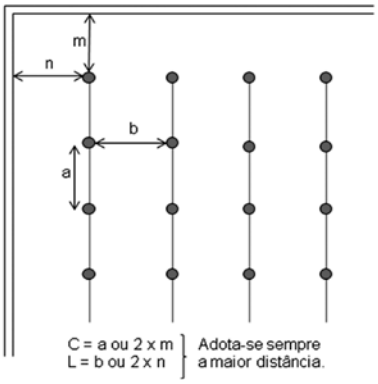


FIGURA 11 - Critério para a determinação da área de cobertura do chuveiro (NBR 10897 (1990))

3.6.2.4. DEFINIÇÃO DA QUANTIDADE DE CHUVEIROS NA ÁREA DE APLICAÇÃO

A quantidade de chuveiros na área de aplicação é determinada pela eq.5.

$$N = \frac{A}{Ac}$$

onde:
N = número de chuveiros da área de aplicação.
A = área de aplicação, em m^2.
Ac = área de cobertura do chuveiro, em m^2.

3.6.2.5. CÁLCULO DA VAZÃO E PRESSÃO

A vazão mínima requerida é determinada para o chuveiro mais desfavorável multiplicando-se o valor da densidade pela área de cobertura do chuveiro. Conhecendo-se o valor da vazão calcula-se o valor da pressão neste mesmo chuveiro por meio da eq. 6. Observa-se que a pressão mínima no chuveiro deve ser de 50 kPa.

$$P = \left(\frac{10Q}{K}\right)^2$$

onde:
P = pressão requerida, em kPa.
Q = vazão requerida no chuveiro, em L/min.
K = coeficiente de descarga do chuveiro utilizado, apresentado na tabela 5.

Obtidas as vazões e pressões no chuveiro mais desfavorável, calcula a perda de carga no trecho de tubulação entre o chuveiro mais desfavorável e o segundo chuveiro mais desfavorável conforme apresentado a seguir.

3.6.2.6. CÁLCULO DA PERDA DE CARGA

A perda de carga é calculada pela fórmula de Hazen-Williams, apresentada pela eq. 7.

$$J = 605 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \times 10^5$$

onde:
J = perda de carga por atrito, em kPa/m;
Q = vazão, em L/min;
C = fator de Hazen-Williams;
D = diâmetro interno do tubo, em mm.

Os fatores de Hazen-Williams, apresentados na Tabela 9, dependem do material da tubulação e são válidos para tubos novos.

Tabela 9: Fatores "C" de Hazen-Williams (NBR 10897 (1990))

TIPO DE TUBO	FATOR DE HAZEN-WILLIAMS "C"
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento interno	100
Aço preto (sistema de tubo seco)	100
Aço preto (sistema de tubo molhado)	120
Galvanizado	120
Plástico (somente subterrâneo)	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento interno de cimento	140
Cobre	150

Calculada a perda de carga no trecho de tubulação, compreendido entre o chuveiro mais desfavorável e o segundo mais desfavorável, calcula-se a pressão no segundo chuveiro mais desfavorável somando-se a pressão do chuveiro mais desfavorável ao valor da perda de carga do trecho entre esses dois chuveiros. Uma vez determinada a pressão no segundo chuveiro, calcula-se a vazão dele por meio da eq. 6 e novamente a perda de carga do trecho entre o segundo e o terceiro chuveiros.

Esse procedimento deve ser repetido para todos os chuveiros da área de aplicação, obtendo-se a vazão total do sistema. Concluída a área de aplicação, calcula-se a perda de carga até a bomba, sem considerar os demais chuveiros, obtendo-se a pressão do sistema

Ressalta-se que é necessário manter o equilíbrio em cada nó, fazendo-se o balanceamento da pressão por meio da eq. 8, uma vez que não podem ocorrer dois valores diferentes de pressão em um mesmo nó. Dessa forma, o maior valor de pressão é mantido, o que aumentará o menor valor da vazão.

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}$$

onde:
Q1 = menor valor de vazão do nó, em L/min.
Q2 = vazão a ser determinada correspondente ao maior valor da pressão, em L/min.
P1 = menor valor de pressão do nó, em kPa.
P2 = maior valor de pressão do nó, em L/min.

3.6.2.6. CÁLCULO DA CAPACIDADE DO RESERVATÓRIO

É efetuado multiplicando-se a vazão do sistema pelo tempo de operação, que é definido em função do tipo de risco de ocupação, apresentado na Tabela 1.

4. Sistema de água supernebulizada

É um sistema em que 99% do volume total de água é composto por gotas de diâmetros menores que 1.000 microns, na pressão mínima de operação (VOLLMAN, 1995)).

Também denominado "Water mist system", caracteriza-se por aplicar a água sob a forma de uma neblina muito fina e sem os danos usuais dos sistemas convencionais que utilizam a água como agente extintor.

É projetado para manter uma nuvem de água em torno do equipamento protegido propiciando resfriamento e abafamento das chamas. Dessa forma, pode controlar a combustão evitando, por um determinado período, que o calor no equipamento em chamas danifique os equipamentos vizinhos sem extinguir o incêndio ou fazendo a extinção no caso de incêndios de pequenas proporções.

As principais diferenças em relação ao sistema de chuveiros automáticos estão apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10: Principais diferenças entre os sistemas de água supernebulizada e de chuveiros automáticos

ÁGUA SUPERNEBULIZADA	CHUVEIROS AUTOMÁTICOS
Pequenos diâmetros	Maiores diâmetros
Bicos com diâmetro de 0,2 mm	Bicos com diâmetro de 10, 15 e 20 mm
Reservatórios de pequena capacidade	Reservatórios de grande capacidade
Pressão do sistema: 689 kPa a 27586 kPa	Pressão máxima do sistema: 1200 kPa
Tempo de operação do sistema: 10 s	Tempo de operação do sistema: 10 min (Risco leve)

4.1. MECANISMOS DE OPERAÇÃO

A extinção do fogo ocorre por três mecanismos: resfriamento, deslocamento do oxigênio e atenuação do calor radiante.

4.1.1. RESFRIAMENTO

As gotas muito finas aumentam a área da superfície disponível e, dessa forma, tem-se maior absorção de calor e maior taxa de evaporação da água. A interrupção da combustão pode propiciar cerca de 30 a 60% de redução de calor.

4.1.2. DESLOCAMENTO DE OXIGÊNIO

A água transforma-se em vapor e o volume expandido desloca o ar e reduz a quantidade de oxigênio no entorno.

4.1.3. ATENUAÇÃO DO CALOR RADIANTE

As minúsculas gotas de água tendem a interagir mais livremente com as correntes de ar e, assim, espalham-se sobre os objetos bloqueando a transferência de calor aos combustíveis adjacentes.

O tamanho da gota e a concentração do volume são fundamentais para atenuar a radiação. As gotas menores que 50 mícrons absorvem mais calor radiante.

4.2. APLICAÇÃO

São adequados para as seguintes aplicações, entre outras: turbinas a gás, centrais telefônicas, CPDs e ambientes de equipamentos eletrônicos, reservatórios de líquidos inflamáveis e cozinhas industriais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• API GROUP INC. *History of Fire Sprinkler Systems.* Disponível em: http://www.apifiregroup.com/firesprinkler/sprinkler-history.html. Acesso em 30/05/07.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.* NBR 13714. Rio de Janeiro, 2000.

• BRYAN, J.L. *Automatic Sprinkler & Standpipe Systems.* National Fire Protection Association, U.S.A., 1976. 402p.

• FERREIRA, Edil Daubian. *Enciclopédia Segurança.* São Paulo: Centrais Impressoras Brasileiras, 1985 – volume 5, 1987.

• GOMES, Ary Gonçalves. *Sistema de prevenção contra incêndios: sistemas hidráulicos, sistemas sob comando, rede de hidrantes e sistema automáticos.* Rio de Janeiro: Interciência, 1998.

• GONÇALVES, O.M. *Sistemas prediais de combate a incêndios - hidrantes.* Notas de aula. Escola Politécnica da USP. São Paulo, s.d. Disponível em: http://pcc2465.pcc.usp.br/materiais_notas%20de%20aula.htm. Acesso em 09/05/07.

• GONÇALVES, O.M.; FEITOSA, E.P. *Sistemas de chuveiros automáticos.* Boletim Técnico TT/PCC/19. São Paulo, 1998.

• HERNANDES, G. F. *Sistemas de combate a incêndio com hidrantes.* In: IV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais: Sistemas de Proteção e Combate a Incêndios. São Paulo, 1987.

• PEREIRA, Áderson Guimarães. *Sistema de hidrantes prediais para combate a incêndios.* São Paulo: Book Mix, 2004.

• POLICIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO, Corpo de Bombeiros. *Instrução Técnica nº22 – Sistema de Hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio.* São Paulo: 2004.

• RELIABLE. *Catálogo on-line.* Disponível em: www.reliablesprinkler.com/sprinklers. Acesso em 29/05/07.

• RESMAT. *Catálogo Resmat (s.d.)*

• VOLLMAN, C.L. *Water mist fire protection systems.* Plumbing Engineer: 1995, p. 34-38.

XVII
SISTEMA DE
CONTROLE DE FUMAÇA

Luiz C. Leitão da Cunha

Romeu H. Martinelli Jr.

1. A história do controle de fumaça

Em agosto de 1953, um grande incêndio destruiu complemente a fábrica de Livonia da General Motors, em Michigan. Foi o maior incêndio industrial ocorrido naquela época e o estrago causou um prejuízo de US$ 55 milhões. A investigação subseqüente (o Relatório Armour), mostrou a importância do projeto de ventilação de incêndio em grandes construções industriais.

Como resultado, a Motores de Vauxhall, subsidiária da General Motors, solicitou a uma empresa inglesa um estudo de ventilação de incêndio para a sua fábrica em Luton. Um protótipo foi produzido e enviado ao escritório central da GM no Reino Unido para aprovação. Posteriormente, a fábrica em Luton foi equipada com um completo sistema de controle de fumaça e sua primeira etapa foi completada em outubro de 1956.

Em fevereiro de 1957, a Automóveis Jaguar sofreu um sério incêndio na sua fábrica em Coventry que, na opinião do corpo de bombeiros local, teria tido seu impacto muito reduzido se um sistema de controle de fumaça tivesse sido instalado.

Baseada em seus estudos iniciais a empresa financiou um projeto detalhado de pesquisa no Centro de Estudos de Incêndio. Essa iniciativa levou à publicação da Pesquisa Técnica no 7 e 10, que estabeleceu a base científica para projetos de controle de fumaça.

O controle de fumaça provou seu valor ao longo do tempo, não mais dramaticamente que no caso do incêndio que surgiu no armazém da Motores Vauxhall, em Luton, em 14 agosto 1963.

Depois desse incêndio na Vauxhall, o chefe dos bombeiros comentou “os exaustores valeram seu peso em ouro”. O sistema de controle de fumaça tinha permitido aos bombeiros da Vauxhall atacar o centro do fogo e impedir que se espalhasse para a linha de montagem ao lado, na qual o novo automóvel Viva estava sendo montado.

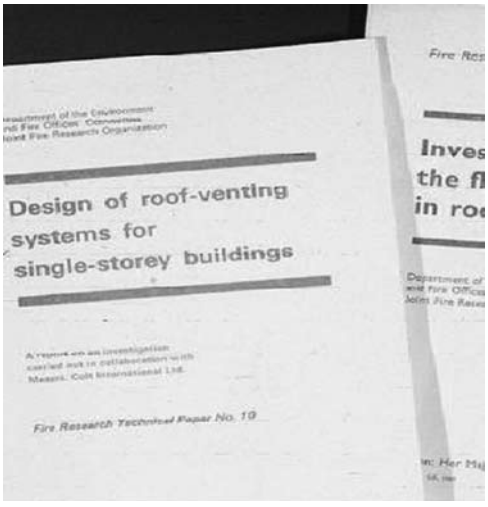
2. Razões para o controle de fumaça

Dos primeiros incêndios acima referidos, pode ser concluído que a razão inicial para se instalar um sistema de controle de fumaça foi a proteção de propriedade. Isso podia ser obtido proporcionando aos bombeiros acesso seguro ao centro do fogo, de modo a permitir a extinção do fogo e evitando os riscos dos mesmos serem envolvidos pelo fogo. Também por ventilar o calor, a estrutura é protegida do colapso.

A motivação para o uso de sistema de controle de fumaça não veio da redução dos prêmios de seguro, mas do desejo de manter produção contínua, proporcionando a continuidade da oferta de serviço e produtos aos clientes e assim preservando o negócio. Esse benefício foi demonstrado pelas estatísticas de companhias industriais que sofreram grande incêndio, não protegido por equipamento de ventilação de incêndio, que não suportaram os prejuízos e faliram.

Por causa dos benefícios proporcionados pelo sistema de controle de fumaça, as legislações governamentais começaram a exigir um nível mínimo de controle de fumaça, com a definição de uma determinada área de abertura proporcional à área de piso.

Essa definição, entretanto, significa que algumas construções foram protegidas além do necessário, enquanto outras ficaram abaixo do necessário, quando comparadas com a solução científica derivada das Pesquisas Técnicas nºs 7 e 10.



Pesquisa Técnica nºs 7 e 10

Nessa época, apesar de a Segurança Pública de Vida ser, indubitavelmente importante, o uso destes sistemas de controle de fumaça não era ainda imperativo na sua própria área de atuação e trabalho (segurança em teatros e auditórios). No início da década de 70, com o advento dos shopping centers, a necessidade desses sistemas entrou em evidência.

Até o surgimento dos shopping centers, a maioria dos edifícios que requeriam cortinas de fumaça ou sistemas de controle de fumaça era de pavimento único. A aglomeração das pessoas em locais não familiares, sem o conhecimento dos detalhes das rotas de fuga, levou à revisão de normas de projeto para shopping centers, elevando as exigências, baseado-se nas pesquisas do Centro de Estudos de Incêndio.

Pela natureza do projeto de shopping centers, as estratégias de controle de fumaça necessitam ter desempenho baseado nessa situação até hoje.

De forma simples, as razões para sistemas de controle de fumaça são:

- Proteção da propriedade.
- Segurança da vida dos empregados.
- Segurança da vida dos bombeiros.
- Segurança do negócio.
- Segurança pública.

3. Os benefícios do controle de fumaça

Antes de detalhar os indiscutíveis benefícios que um sistema corretamente projetado de controle de fumaça proporciona, é importante dizer que um exaustor de fumaça tem de ser parte de um sistema integrado, para proporcionar a melhor solução.

Isso significa que os exaustores devem trabalhar em conjunto com diversos outros sistemas, para proporcionar o melhor resultado.

Estes sistemas são:

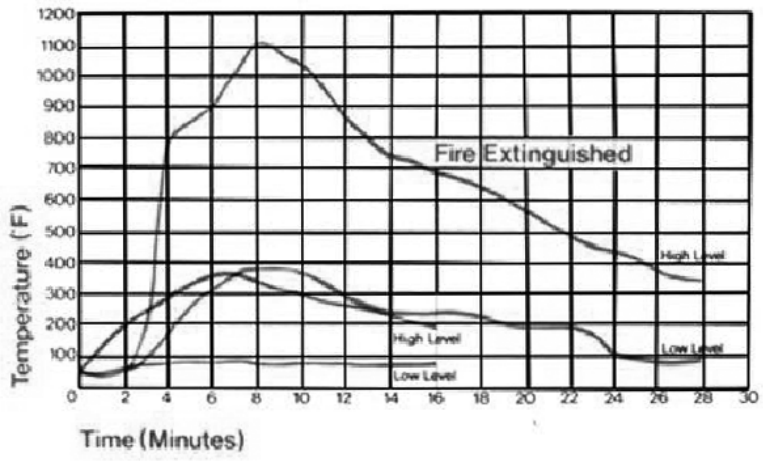
- Sprinklers e sistemas de supressão.
- Detectores de fumaça e calor.
- Cortinas de contenção de fumaça.
- Sistemas de insuflação de ar.

Corretamente integrado e utilizado, um sistema de controle de fumaça trará os seguintes benefícios:

- Ventilação prévia, reduzindo assim a temperatura interna, protegendo estragos e colapso estrutural.
- Bom meio de escape, com visibilidade da rota de fuga.
- Manter a atmosfera limpa.
- Limitar a temperatura, impedindo ignição espontânea.
- Prevenir estrago desnecessário por fumaça.
- Prevenir estrago desnecessário por água.
- Reduzir o tempo de limpeza.
- Proporcionar uma visão clara do fogo.
- Ajudar a extinguir o fogo no seu início.
- Reduzir os custos do incêndio.

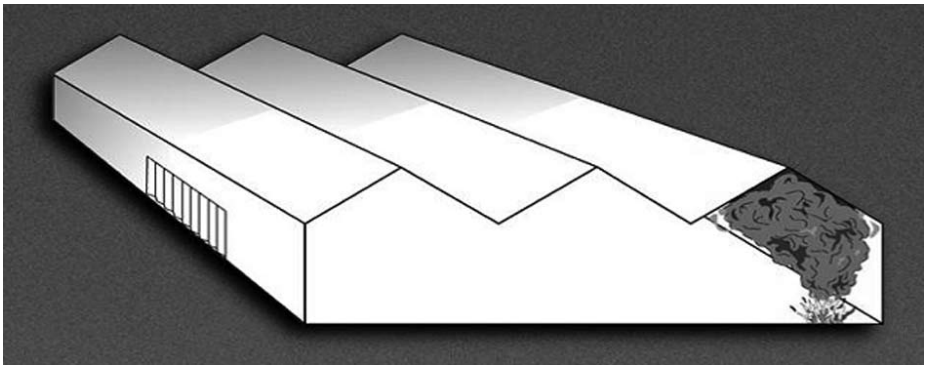
Do ponto de vista do projeto da construção, proporcionar o desempenho de um sistema de controle de fumaça pode permitir um aumento dos compartimentos e tamanho do edifício, permitindo distâncias maiores nas rotas de fuga de incêndio.

O gráfico abaixo a mostra a diferença entre as temperaturas registradas nos pares térmicos da coluna vertical com e sem passagem de ar:

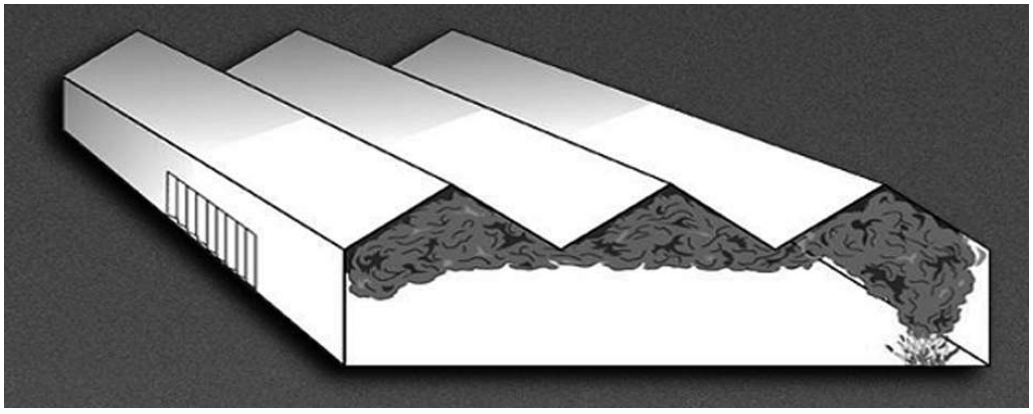


4. Princípios básicos de um sistema de controle de fumaça

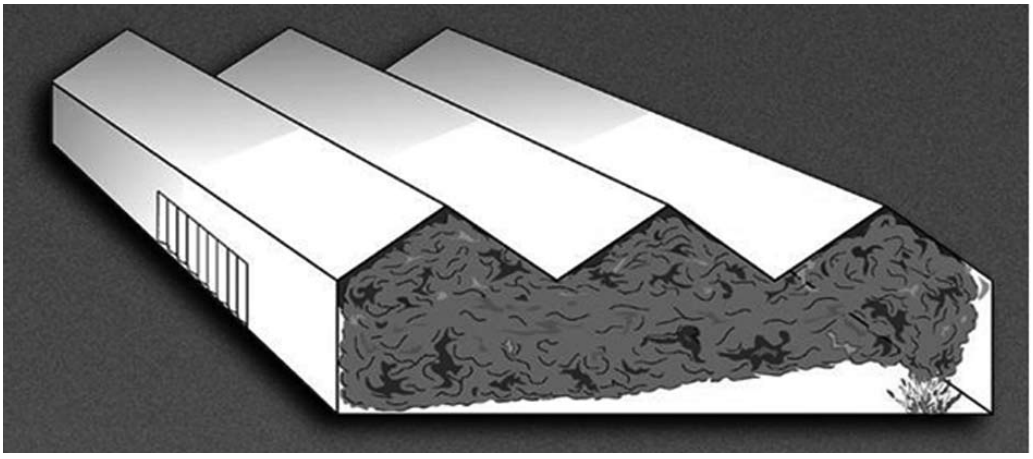
Nas etapas iniciais do incêndio, a fumaça sobe rapidamente para o espaço do teto:



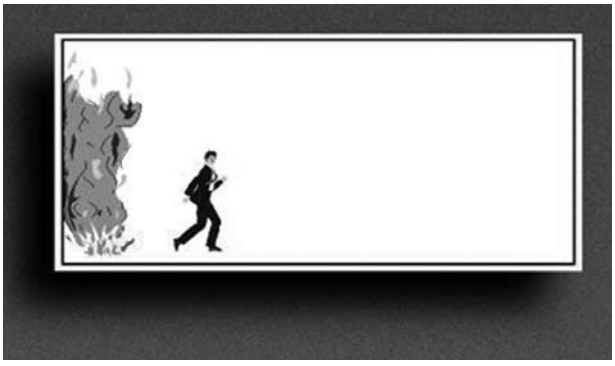
A fumaça se propaga lateralmente pela parte inferior do telhado, longe da sua fonte:



A fumaça pode se acumular completamente nas edificações maiores em questão de minutos:

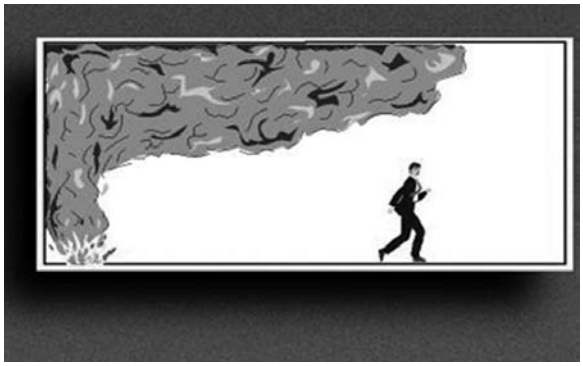


A dispersão da fumaça em 50 segundos:

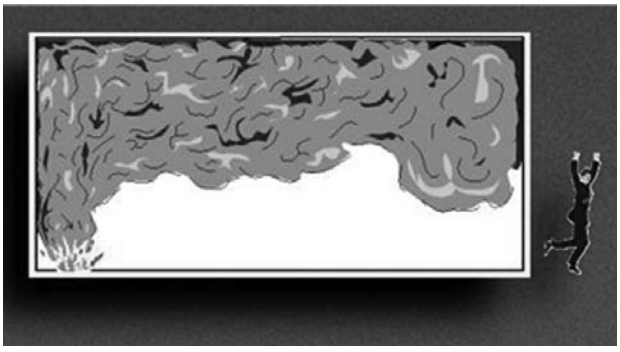


10 segundos
100 metros

20 segundos
100 metros



30 segundos
100 metros



40 segundos
100 metros

50 segundos
100 metros

5. Tamanho de um incêndio

Para a definição de um projeto de sistema de controle de fumaça um dos itens fundamentais é o tamanho do fogo. Para a definição do tamanho do fogo, é indispensável a determinação do seguinte:

- Disponibilidade e disposição de combustível.
- Fogo de combustão livre.
- Fogo em compartimento.
- Funcionamento de sprinkler.
- Outros meios de combate ao incêndio.

Fogo de combustão livre

Fogo em compartimento

O tamanho mínimo adotado para um fogo é de 3x3 m e a taxa de liberação de calor varia entre 60 - 500 kW/m^2/m.

6. Ventilação natural de extração

Como seu nome mostra, ventilação natural é baseada na movimentação do ar por forças naturais, particularmente na movimentação do ar pelo interior da construção.

A fluência de ar por um edifício depende dos seguintes fatores:

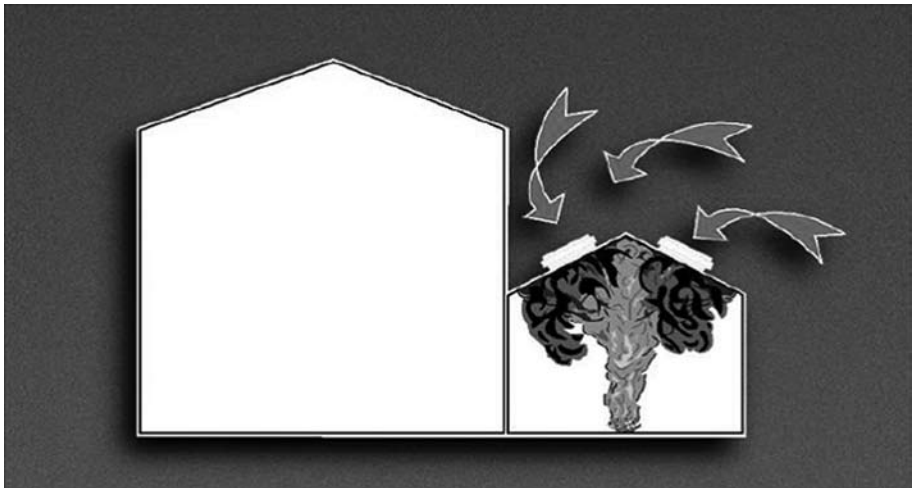
- A diferença de temperatura entre o ar e os gases quentes dentro e fora do edifício.
- A diferença da altura entre a entrada de ar e as aberturas de exaustão.
- A convecção do calor ascendente.
- A velocidade e direção do vento.

Há várias vantagens em usar ventilação natural diariamente, conjugada com a ventilação de incêndio:

- Ventilação silenciosa.
- Praticamente livre de manutenção.
- Custos baixos (pneumático ou elétrico).
- Funcionamento livre de falhas.
- Duplo propósito - ventilação diária e para incêndio.
- Apelo psicológico visão do céu grande e clara.
- Grande área aberta permitindo a perda de calor por radiação.
- Fácil instalação.
- Baixo peso.
- Podem combinar esteticamente com a estrutura.
- Aumento automático da capacidade de insuflação com a elevação da temperatura interna.
- Permite a separação em zonas.

Há também algumas desvantagens:

- As condições de fluência do ar podem ser afetadas pela pressão e direção do vento. A topografia local e os prédios adjacentes são assim um fator importante a ser considerado, conforme figura ilustrativa abaixo:



- A ventilação natural pode não funcionar eficientemente nos momentos iniciais do incêndio, a menos que ocorra uma ventilação prévia.

6.1. COMO A VENTILAÇÃO NATURAL DE EXTRAÇÃO FUNCIONA

A flutuabilidade dirigida

Quando o ar é aquecido, sua densidade é reduzida por expansão. Torna-se flutuante em relação ao ar adjacente mais frio.

Na vizinhança de grandes fontes de calor, como incêndios, a coluna ascendente acelera enquanto se eleva, assim como um corpo pesado acelera enquanto cai.

A velocidade em que um ar sobe dependerá da:

• Altura acima da fonte de calor.

• Diferença da temperatura entre o ar quente e o ar adjacente.

Enquanto uma corrente térmica quente sobe, ela se mistura com o ar adjacente. O ar vai sendo diluído e, portanto, a diferença entre sua temperatura e a do ar adjacente diminui enquanto se eleva.

Essa diluição trabalha contra a tendência para o ar ascendente acelerar e, se suficientemente distante, eventualmente causaria a parada da subida da coluna "quente" e se espalharia horizontalmente, flutuando como uma jangada no topo do ar levemente mais frio.

Portanto, podemos usar a flutuabilidade natural do ar aquecido como força de um sistema natural de ventilação criando aberturas no edifício, tanto no alto como no nível baixo. O ar quente flutuante sairá pela abertura no nível alto e será reposto por ar frio entrando pela abertura no nível baixo.

Combinação da flutuabiliade e direção do vento

Quando esses dois fatores operam, ambos criam diferenças de pressão no edifício. Dependendo das condições reais, as pressões criadas por meio de qualquer abertura podem ser aditivas ou opostas. O índice de fluência e direção por qualquer abertura dependerá da soma da diferença da pressão por meio da abertura.

O cálculo dos efeitos combinados é complexo, mesmo para um edifício simples, mas uma aproximação razoável do índice total de ventilação pode ser feita pelo cálculo dos índices de fluência de cada um dos fatores separadamente e tomando a maior das duas figuras. Portanto, normalmente podemos projetar tomando o pior caso, ou seja, um dia calmo e projetamos o sistema de ventilação baseado apenas na flutuabilidade.

7. Ventilação monitorada

É baseada no movimento do ar por meio mecânico, normalmente um exaustor direcional com motor elétrico.

O uso de um sistema de exaustão mecânica apresenta algumas vantagens sobre a ventilação natural:

• Operação é independente da altura da construção, correntes térmicas e pressão de vento.

• Desempenho é previsível e repetitivo.

• Os exaustores podem operar contra uma resistência externa, como por exemplo, o vento.

• O ar fresco pode ser conduzido para onde necessário em velocidade e temperatura ótimas.

Há também algumas desvantagens:

• A velocidade do ar de cada unidade é fixo e não pode ser ajustado para outras condições, exceto com a mudança da velocidade do exaustor e a fluência da massa de ar não aumenta com a elevação da temperatura interna.

• Cada exaustor tem uma exigência constante de eletricidade e por razões de segurança, uma fonte de energia deve ser mantida durante todo o incêndio e os fios devem ser à prova de fogo.

• Os exaustores produzem barulho. Se os exaustores forem utilizados também para a ventilação diária, sua atenuação a um nível aceitável pode ser complicada.

• Não é recomendado para insuflação, pois a entrada prematura de ar pode resfriar a fumaça.

• Podem aumentar a ocorrência de curto-circuito.

7.1 FUNCIONAMENTO DA VENTILAÇÃO MOTORIZADA DE EXTRAÇÃO

Quando uma lâmina de exaustor gira, ela trabalha o ar ao seu redor, criando um aumento estático de pressão por meio do movimento do ar, principalmente axial ao longo do canal de saída. Na definição da eficiência do exaustor devemos considerar apenas o movimento axial do ar. Os outros componentes são, por convenção, ignorados e não podem ser considerados úteis.

Embora o ar seja um fluido compressível quando projetamos sistemas de ventilação motorizados, nós o consideramos, por convenção, como um fluido incompressível. Isto é justificável porque as mudanças de pressão e temperatura são insignificantes em relação aos valores absolutos, na maioria dos sistemas. A exceção a isto é, naturalmente, nos sistemas de controle de fumaça nos quais as alterações de temperatura são muito significativas.

8. Padrões de equipamentos de ventilação

A importância de usar equipamento testado e corretamente projetado, tanto motorizado quanto natural, é de suma importância.

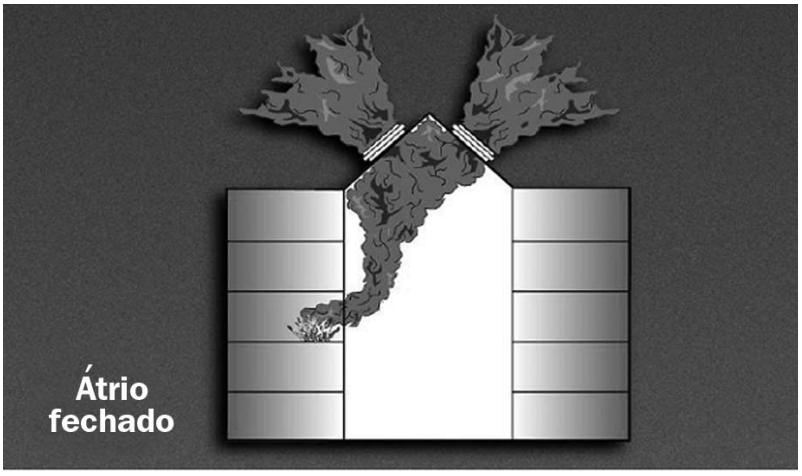
De acordo com a Instrução Técnica no 15 do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo, os ventiladores de extração de fumaça devem resistir, sem alterações sensíveis do seu regime de funcionamento, à passagem de fumaça em edificações com uma temperatura de 400ºC, durante 60 minutos, em edificações até 30m de altura, e durante 120 minutos, em edificações acima de 30m de altura.

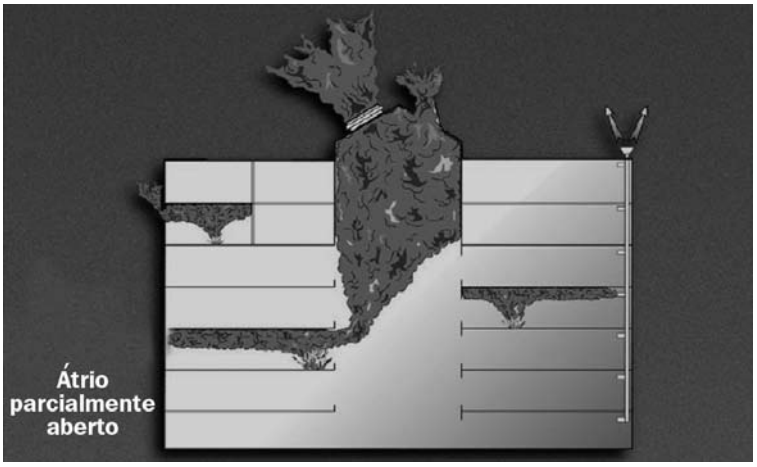
9. Átrios

Um átrio é um espaço interno dentro de uma edificação, não necessariamente alinhado verticalmente, distribuído por meio de um ou mais andares da estrutura.

Os átrios são particularmente perigosos, pois fornecem um caminho para que o fogo e a fumaça se propaguem de andar para andar mais rapidamente.

Tipos de Átrios





10. Sistema de controle de fumaça em shoppings centers

Nos últimos anos, o desenvolvimento do conceito de shopping centers aumentou em importância e complexidade, conseqüentemente houve um aumento fenomenal no número de propostas a serem submetidas à aprovação. Hoje, cada cidade tem pelo menos um centro de compras.

Como os incêndios se iniciam

Normalmente, pode-se classificar a causa de todos os incêndios em duas categorias: acidental ou a ignição com intenção maliciosa (incêndio premeditado). O incêndio premeditado ainda é a maior causa dos incêndios em edificações ocupadas, como shopping centers, no entanto a fumaça é a causa principal de mortes e feridos.

Um pequeno incêndio em uma loja pode se tornar fatal, pois o shopping estará tomado pela fumaça em menos de três minutos.

Leva-se cerca de 30 minutos para evacuar um shopping center, levando em consideração pais com crianças, pessoas idosas e deficientes.

Uma a cada dez vezes, não se ouve o sistema de alarme, e quando isso acontece, as pessoas geralmente ignoram-no ou mal interpretam a situação.

Uma vez que o alarme é disparado, pessoas não reagem da mesma forma como esperado.

Sistemas de sprinkler

Sprinklers e o controle de fumaça atuam diferentemente, mas um sistema complementa o outro. O sistema de sprinklers controlará o tamanho do incêndio, assim reduzindo a quantidade de fumaça gerada.

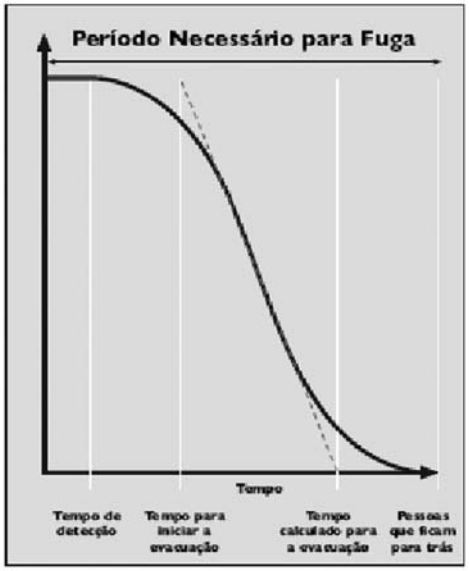
Nos shopping centers, normalmente recomenda-se proteger as lojas com sprinklers a fim de controlar o tamanho do incêndio. Instalar sprinklers nos corredores favorece o esfriamento excessivo da fumaça e cria o risco de superfícies molhadas e escorregadias nas saídas de emergência.

Meios de fuga

Independentemente do local de um incêndio, quando as pessoas tomam consciência do incêndio, devem ser capazes de procederem ao abandono da área de forma segura. Para que isso ocorra, é necessário proteger a rota de fuga.

Em shopping centers grandes ou complexos, a forma mais eficaz de manter os meios de saída de emergências sem fumaça é por meio de um sistema de controle de fumaça.

Ventiladores são instalados para controlar a fumaça e ajudar a manter as saídas de emergência e as caixas das escadas livres de fumaça, permitindo que os ocupantes evacuem a edificação de forma rápida e segura.



Os fatores mais significativos a respeito de incêndio, tais como o tempo de evacuação e a razão de desenvolvimento do incêndio são dependentes do tempo e sujeitos a um elevado nível de variação.

A fumaça pode se deslocar a uma velocidade superior a 2m/s, sendo mais rápida que a velocidade de fuga de um ocupante.

Princípios Gerais

Figura A

A fumaça de um incêndio em uma área fechada sobe em forma de pluma para o teto. Ao subir, o ar se movimenta para dentro da chama, aumentando assim o volume da fumaça.

Assim que a fumaça atinge o teto, forma-se uma camada, referida como camada de fumaça. O controle dessa camada é a tarefa principal da exaustão do sistema de fumaça.

Figura B

A fumaça pode preencher um local em apenas alguns minutos. A fumaça espessa pode esconder os sinais de saída e as entradas, tornando a fuga perigosa e lenta.

A velocidade normal que a fumaça se desloca é de 1 a 2 m/s, podendo ser mais veloz que a velocidade de escape de um ocupante.

Quando a fumaça atinge uma lateral fechada, ela desce e volta em direção ao fogo, podendo confundir os ocupantes e fazendo com que se desloquem em direção do incêndio, pensando estarem fugindo dele.

Figura C

Ao utilizar a ventilação para o controle da fumaça e barreiras de fumaça, por exemplo cortinas contra fumaça que descem do teto, a camada de fumaça é contida acima de uma altura pré-calculada (normalmente 3m acima do piso) e é extraída de forma natural ou por meio de assistência mecânica de ventiladores instalados no teto.

Figura A.
A fumaça começa dentro de uma loja e se dispersa no shopping. A fumaça começa a subir.
As setas brancas mostram o movimento do ar deslocado

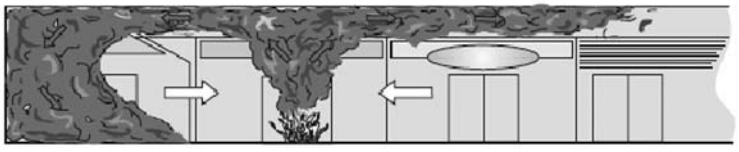


Figura B.
A fumaça começa a circular novamente de forma rápida numa edificação sem ventilação

Figura C.
A fumaça sai por meio das aberturas dessas zonas

Projeto do sistema

Os procedimentos dos projetos para controle de fumaça em shopping centers de diversos andares são mais complexos do que em edificações de um andar. Isso ocorre devido à geometria da edificação.

Muitos shopping centers possuem vários andares, layouts complexos com junções e telhados em níveis diferentes.

O incêndio no piso térreo é, certamente, o pior cenário. Potencialmente com grandes densidades de pessoas freqüentando o shopping center ao mesmo tempo, os sistemas bem projetados são feitos para canalizar a fumaça para áreas designadas sem afetar os outros pisos.

As divisórias de canalização são necessárias para limitar a extensão da pluma e reduzir o fluxo de massa da fumaça. Podem ser feitas com divisórias fixas ou cortinas que descem automaticamente.

Os shopping centers de diversos andares, especialmente aqueles shoppings com espaço aberto central, devem considerar os pisos individualmente no projeto do sistema de controle de fumaça.

Considerando a figura G, por exemplo, as camadas de fumaça no shopping devem ser contidas acima do nível do teto do segundo andar. Caso um incêndio tenha se originado no nível mais baixo, a elevação da pluma do fogo por meio do shopping seria impraticável.

Para evitar esta situação, deve-se remover a fumaça por meio do piso mais baixo,

impedindo que se espalhe para a parte central do shopping. Isso pode ser obtido ao extrair a fumaça com a ajuda de ventiladores motorizados e abafadores de fumaça. Cortinas contra fumaça automáticas para conter a fumaça no piso de origem também podem ser instaladas.

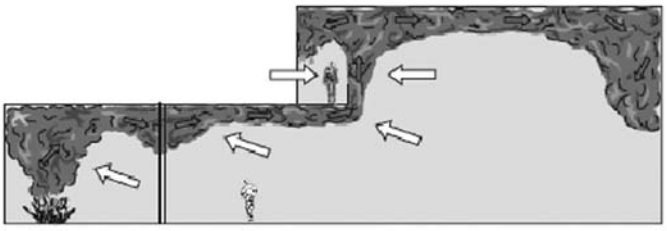


FIGURA D
As setas representam o movimento previsto da fumaça, enquanto as setas brancas mostram a direção do movimento do ar fresco sem a ventilação da fumaça

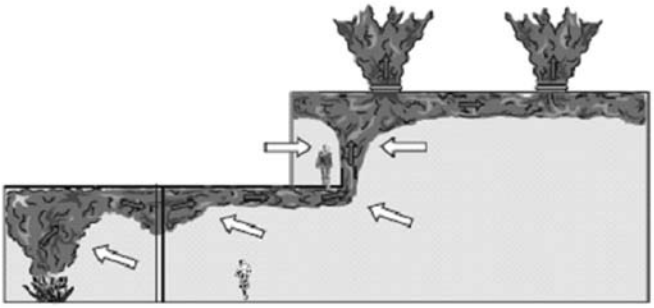


FIGURA E
Ventilação da fumaça

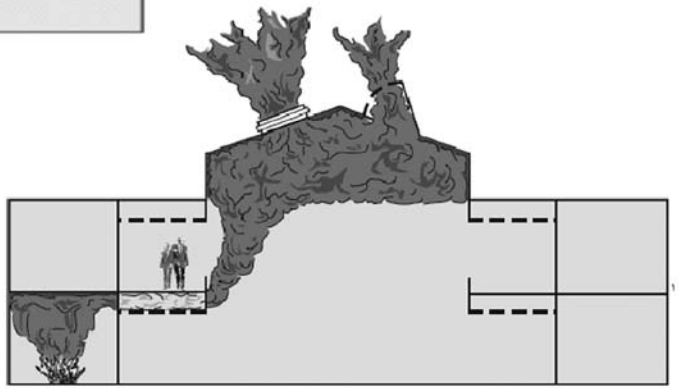


FIGURA F
As divisórias de canalização limitam a dispersão da fumaça sob sacadas e mezaninos, reduzindo a quantidade da ventilação necessária

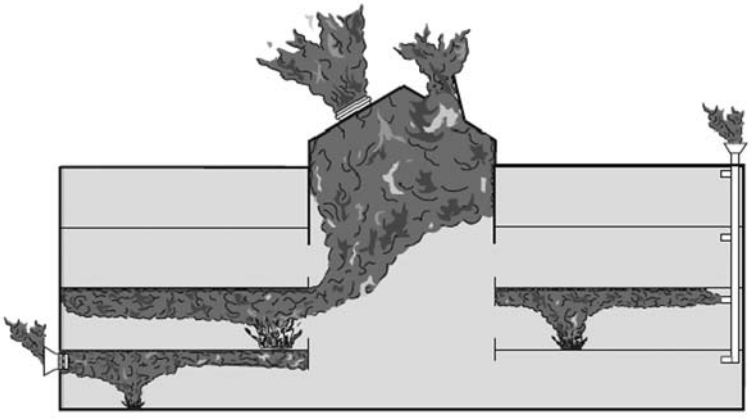


FIGURA G
Há várias maneiras de ventilar um complexo de diversos andares, dependendo do projeto atual e layout da edificação. Esta ilustração representa três métodos diferentes:
1. Ventilação através do átrio central
2. Ventilação direta do piso do incêndio por meio de ventiladores em uma parede externa
3. A ventilação direta do piso, onde ocorre o fogo, utilizando um sistema adequado de exaustão
mecânica contra incêndio

Ar de entrada

O ar de entrada é um importante elemento de um sistema de controle de fumaça.

Para que um sistema de controle de fumaça funcione efetivamente, o ar de entrada deve ser fornecido por meio de uma fonte reservada, distante do compartimento da fumaça.

A seguir veja algumas possíveis soluções:

- Utilizar zonas adjacentes não atingidas pelo incêndio (ventilação natural).
- Entrada de ar em um nível inferior localizada debaixo da camada de fumaça.
- Portas de entrada que se abrem automaticamente para entrada de ar.

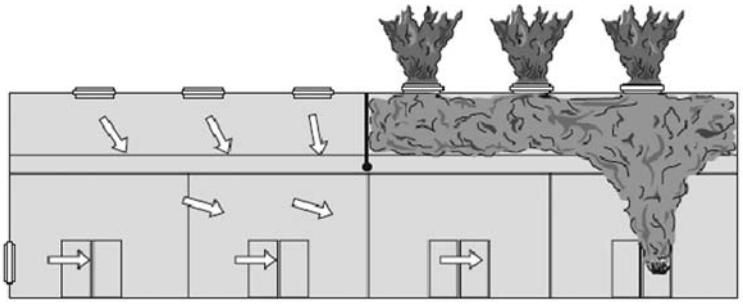


FIGURA H
Esta ilustração mostra um sistema de duas zonas, cujos ventiladores na zona de incêndio fornecem exaustão de fumaça e a zona adjacente fornece entrada de ar

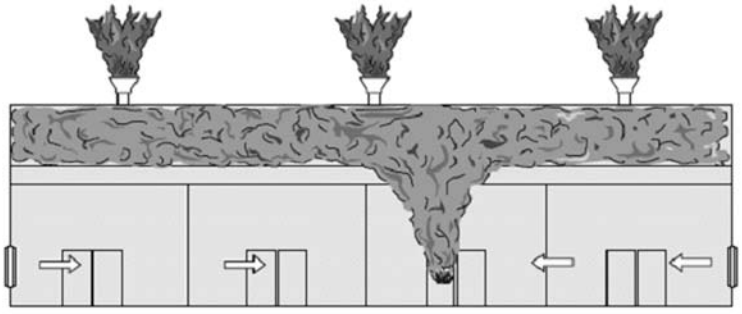


FIGURA I
Uma zona única, em que não há zonas adjacentes, portanto deve-se fornecer a fonte de entrada de ar por meio de um nível inferior, por ventiladores ou por portas que se abrem automaticamente. Usa-se esta solução caso o shopping center seja ventilado de forma mecânica

Barreiras de fumaça

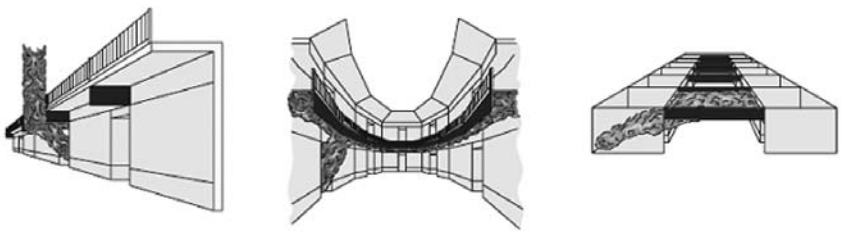
A necessidade de formar barreiras de fumaça significa que os espaços maiores devem ser divididos num nível elevado.

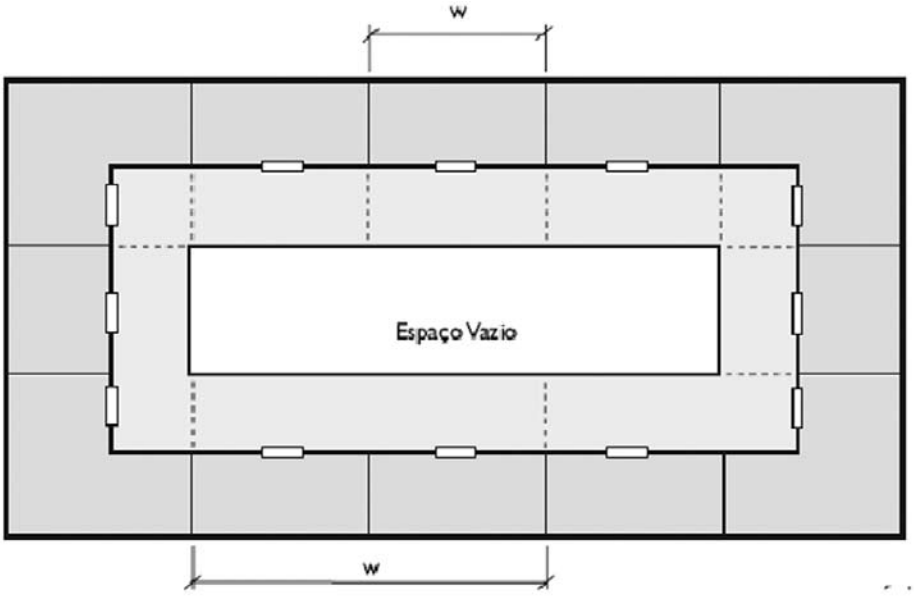
Essas divisões ou barreiras de fumaça podem ser uma da característica da edificação, tal como uma divisória permanente ou uma cortina contra fumaça automática à prova de falhas que funcionam ao detectar fumaça. Às vezes essas divisórias permanentes são feitas de vidro.

Recomenda-se que as barreiras de fumaça sejam colocadas para prevenir que a fumaça de uma loja se dissipe por mais de um compartimento.

Os shopping centers modernos, com seus tetos de vidro, permitem a instalação de barreiras de fumaça profundas, criando um sistema de controle de fumaça eficaz.

Tal não acontece nos shoppings estreitos e com poucos andares, geralmente encontrados em projetos antigos, pois apresentam desafios adicionais devido à altura disponível limitada para obter uma solução eficaz.





W = extensão da canalização

É possível posicionar as divisórias de canalização para cada loja de frente para o espaço aberto central, embora possa ser justificável aumentar a extensão de divisórias de canalização entre duas ou mais lojas.

Orientações e regulamentos

Muitos regulamentos e códigos internacionais têm de estar de acordo com a legislação e deve dar prioridade ao conforto e à segurança dos ocupantes da edificação.

Entre eles, cabe fazer referências aos seguintes:

- Instrução Técnica no 15 - Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo.
- Guia SVA.
- BS 7346 Partes 1, 2, 3 e 4.
- EN 12101 Partes 1-10.

Estágios iniciais de um incêndio

Quando um incêndio se inicia em uma grande edificação, como por exemplo, em um depósito, não é a mesma coisa que um incêndio em uma residência. Se um incêndio se inicia em uma residência, podemos fechar todas as portas e janelas e sair do quarto. Normalmente, esse processo sufocaria o fogo e reduziria a possibilidade de um crescimento rápido.

Em uma grande edificação industrial, a quantidade de oxigênio disponível e a quantidade de dispersão natural significam que esse processo não é eficaz. O incêndio não pode ser lacrado.

Em estágios iniciais, a fumaça do incêndio se eleva rapidamente para o espaço do teto.

Características da fumaça

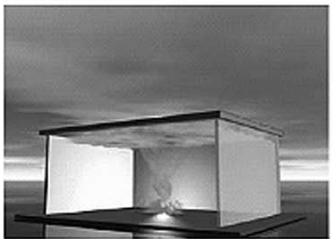
A fumaça pode se deslocar de forma lateral a uma velocidade superior a 2m/s, podendo ser mais veloz que a velocidade de escape de um ocupante, que em média, caminha a uma velocidade de 1-2m/s.

Uma vez que a fumaça preenche o espaço do teto da edificação, ela começará a se espalhar para baixo. A razão com que isso ocorre varia significativamente, dependendo da natureza dos combustíveis e da geometria da edificação.

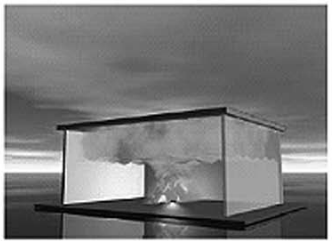
Fumaça acumulada

Em uma situação em que não há ventilação, tal como uma edificação com um volume de 10.000m^3, haverá fumaça acumulada em apenas alguns minutos.

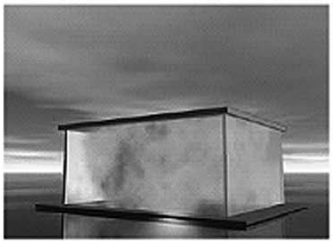
Embora a fumaça consista principalmente de pequenas partículas sólidas, pode conter substâncias tóxicas suficientes para asfixiar, desorientar e incapacitar as pessoas em poucos segundos e matar em alguns minutos.



1. Em estágios iniciais, a fumaça do incêndio subirá rapidamente para o espaço do teto



2. A fumaça se descola de forma lateral abaixo do teto, distante da fonte do incêndio



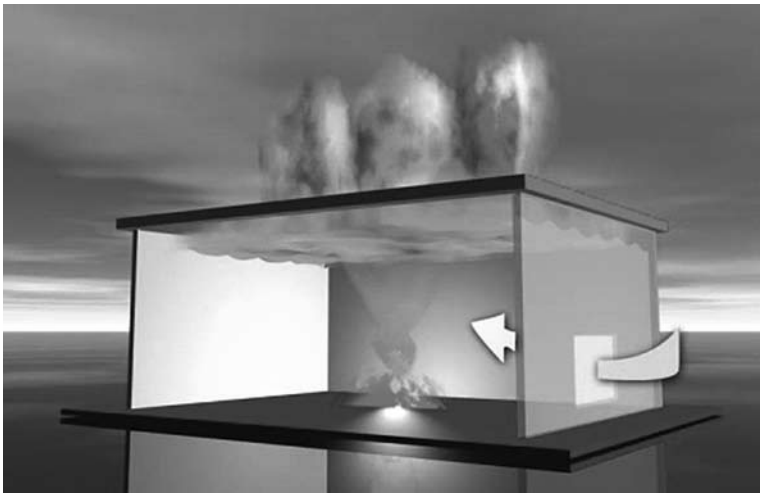
3. Mesmo em grandes edificações, pode a fumaça se acumular em questão de minutos

Princípios básicos de projeto

O princípio básico do controle de fumaça serve, portanto, para evitar que a fumaça se espalhe através da edificação e para fornecer meios pelos quais a fumaça e o calor possam ser extraídos.

Para que isso aconteça, necessita-se de três elementos:

- Aberturas ou ventiladores ao nível superior para liberar a fumaça da edificação.
- Barreiras para restringir o espalhamento da fumaça através da edificação.
- Ventiladores de entrada de ar limpo para repor o volume extraído.



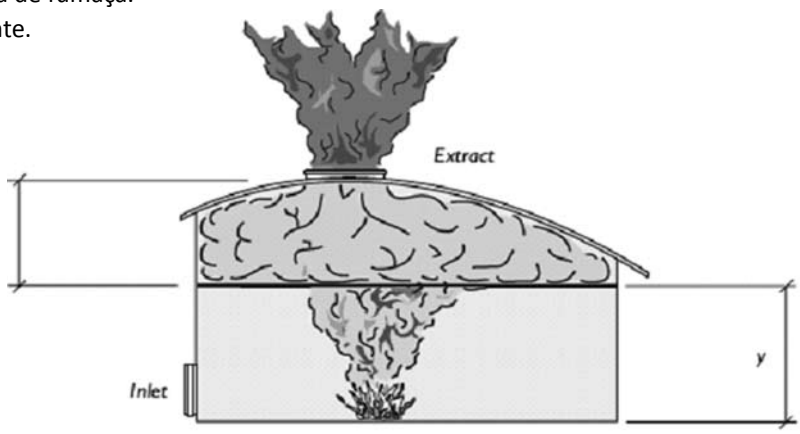
Edificação com ventiladores de exaustão de fumaça

Parâmetros de projeto

Todos os fatores relacionados abaixo precisam ser levados em consideração ao projetar um sistema de controle de fumaça de edificações de andar único:

- Tamanho do incêndio.
- Estado controlado ou descontrolado.
- Jato de fumaça sob o teto.
- Saída de calor de incêndio.
- Camada visível necessária.
- Zonas de fumaça.
- Efeitos de sprinklers.
- Entradas de ar e reposição de ar.

• Espessura da camada de fumaça.
• Temperatura ambiente.
• Plugholing.



Tamanho do incêndio

As dimensões de base do maior incêndio, do qual um sistema de exaustão de fumaça deve agüentar. O cálculo deve ser baseado nos incêndios de estado controlado ou descontrolado:

Estado controlado

O projeto é baseado no maior tamanho do incêndio antecipado dentro da edificação e portanto, o esquema de controle da fumaça será capaz de acomodar qualquer incêndio daquele tamanho.

Estado descontrolado

O projeto é baseado em um incêndio que varia o tamanho durante um período de tempo, dependendo do conteúdo da edificação.

Jato de fumaça sob o teto

Uma camada circulante horizontalmente de gases aquecidos, conduzida em parte pela energia cinética sob forma de pluma. Geralmente tem um uma espessura de aproximadamente um décimo da altura da edificação.

Saída de calor

O calor total gerado pela fonte de calor. O elemento propagante dessa saída de calor que conduz o fluxo da fumaça.

Camada visível (y)

A camada visível mínima nas edificações industriais deve ser de 3 m.

A espessura da camada visível é muito importante, já que permite a evacuação dos funcionários e a entrada dos bombeiros.

Deve-se ter uma atenção redobrada na determinação da altura livre de fumaça em edificações com piso inclinado, conforme ilustrado abaixo:

O sistema deve ser projetado para manter uma altura mínima livre de fumaça na parte estreita

Zonas de fumaça

Caso considere a edificação muito grande, deve-se dividi-la em zonas separadas, utilizando barreiras de fumaça.

Efeitos de sprinklers

Sprinklers controlam o tamanho do incêndio. Eles impedem que o incêndio aumente e se alastre para as outras áreas da edificação.

Sendo recomendado não só a utilização de sprinklers, mas também exaustores de fumaça.

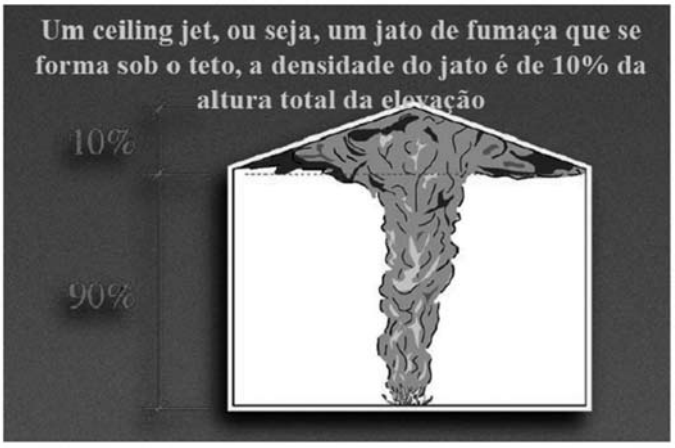
Entrada de ar / reposição de ar

A entrada de ar é importante para a operação eficaz de um sistema de exaustão de fumaça substituindo o ar da pluma do fogo.

As aberturas dos exaustores, portas e janelas, que se abrem automaticamente, podem ser utilizadas para permitir a entrada de ar. No entanto, é importante considerar a velocidade da entrada de ar, pois, se for muito alta, atrapalhará a evacuação.

Espessura da camada de fumaça (dj)

A camada de fumaça não deve ser projetada para que seja menor que um décimo da altura entre o piso e o teto, isso em função do efeito chamado 'Ceiling Jet'.



Temperatura ambiente

A temperatura ambiente deve ser conservada em torno de 15°C.

Plugholing

Caso a camada da fumaça for pouco profunda para o tamanho do exaustor utilizado, a eficiência dos exaustores pode ser reduzida, pois, ao invés de fumaça, ar vai ser retirado através da parte central do exaustor.

Reservatórios de fumaça

O confinamento de fumaça é indispensável para determinar a eficácia dos sistemas de exaustão de fumaça.

As cortinas de fumaça devem ter uma altura mínima que garanta que elas estejam 500mm abaixo da linha da base da fumaça.

Os acantonamentos devem ter uma área máxima de 2.000m^2 e o comprimento máximo de um lado da área de acantonamento não deve ser maior do que 60m.

Caso o fluxo da fumaça lateral não for prevenido, os exaustores na zona de incêndio serão menos eficazes, liberando a fumaça quente, a qual se resfria e retrocede ao nível térreo, obstruindo as saídas de emergência, pondo a vida em perigo.

Agindo como as cortinas de segurança em teatros, as cortinas contra fumaça fazem parte das instalações do sistema de controle de fumaça.

Benefícios:

• Aumenta o tempo disponível para que os ocupantes evacuem a edificação.

• Uma solução rentável para dividir a edificação.

• Auxilia os serviços de emergência, contendo ou canalizando a fumaça em áreas predeterminadas.

• Limita o trajeto e o esfriamento excessivo da fumaça, reduzindo o risco da fumaça fria baixar ao nível inferior e obstruir a visão.

Mezaninos

Caso se instale um mezanino na edificação, ele pode alterar a característica do incêndio, uma vez que o incêndio sob um mezanino se transforma de fogo de combustão livre (como uma fogueira) para um incêndio de compartimento.

Com a introdução de mezanino ou outras estruturas dentro da edificação, pode haver um grande impacto no requisito exaustão da fumaça na edificação.

Um incêndio que ocorre sob um mezanino formará uma pluma de fogo, saindo pelo lado da estrutura e se elevando para reservatórios, na parte inferior do teto. Essa fumaça não só será maior em volume, como também será mais fria, e portanto menos flutuante.

Onde o mezanino faz parte da edificação, torna-se necessário fornecer elementos adicionais ao sistema de controle de fumaça. Devido à natureza da elevação da pluma do fogo, comparado com um incêndio simples no piso, a quantidade da ventilação da fumaça necessária será aumentada.

Há várias opções ao lidar com o projeto de um sistema de controle de fumaça em uma edificação com um mezanino. Uma das opções é conter toda a fumaça sob o mezanino e extraí-la da fonte de forma mecânica. A outra é permitir que a fumaça saia da área com largura limitada e se alastre em uma zona de fumaça no teto da edificação.

Ar de entrada

Para que um sistema de ventilação funcione eficiente, é necessário haver um fornecimento de ar.

Basicamente, um fornecimento de ar de entrada criará um “efeito chaminé” na edificação, permitindo um fluxo uniforme de circulação de ar. Ar e gases que são removidos por ventiladores de exaustão são substituídos por ventiladores de ar de entrada. Este processo é conhecido como “make up”.

O ventilador é a solução ideal para grandes edificações de andar único, uma vez que não há muitas portas ou janelas.

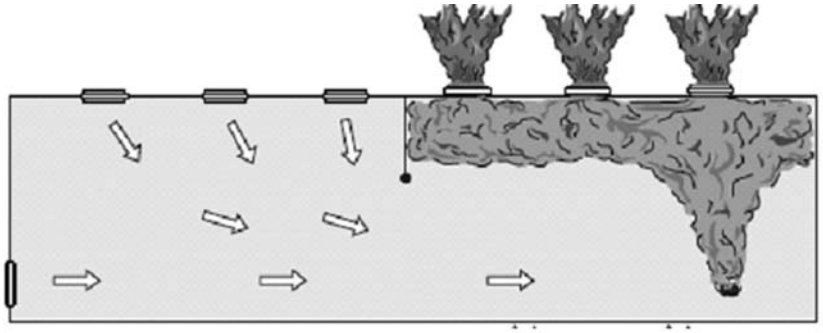
O ar de entrada deve ser projetado no local mais baixo possível na edificação, pelo menos 1,5 m abaixo da camada de fumaça designada. Caso seja irrealizável devido à espessura da camada de fumaça, então, deve-se levar em consideração as cortinas contra fumaça.

A velocidade da entrada de ar deve ser inferior a 5m/s, já que uma velocidade superior pode atrapalhar a evacuação.

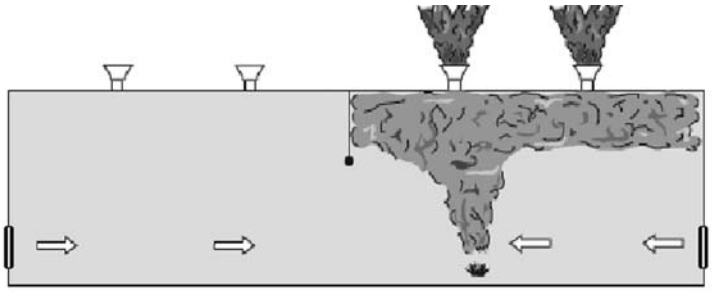
Há duas soluções principais para fornecer ar de entrada:

• A utilização de zonas adjacentes não sinistradas, para fornecer o ar de entrada (nível do teto).

• Ventiladores de entrada de ar, janelas e portas que se abrem automaticamente, para fornecer ventilação de ar.



Reposição de ar por meio de ventiladores instalados no teto e ventiladores instalados ao nível inferior



Reposição de ar por meio apenas de ventiladores instalados ao nível inferior e exaustão mecânica de fumaça no teto

Áreas de armazenamento em compartimentos altos

O potencial para o aumento do incêndio em um depósito de compartimentos altos pode ser muito maior que o normal, devido à propagação rápida do incêndio que se espalha na estocagem vertical.

Para que a estratégia de segurança durante um incêndio seja eficaz, é essencial que os sprinklers sejam incorporados para controlar o incêndio.

Um sistema de controle de fumaça funcionará juntamente com os sprinklers para remover a fumaça e assim, limitará o dano causado e ajudará os bombeiros.

A maioria dos depósitos modernos com compartimento alto terá um sistema de sprinkler "in rack" para controlar o aumento do incêndio.

Em depósitos com sprinklers, deve-se compreender claramente os objetivos do sistema de controle de fumaça para que o projeto funcione de forma eficaz.

As considerações referentes aos depósitos com estantes altas são:

- A natureza dos artigos armazenados.
- O tipo de embalagem usada.
- A maneira de armazenamento.
- A área superficial do material, que pode ajudar a combustão.
- O tipo do sistema de sprinkler instalado.

11. Interação de sprinklers e ventilação

A maioria dos sistemas de sprinklers não foi projetado para extinguir o fogo mas apenas para controlá-lo.

Os sprinklers não previnem o acúmulo de fumaça na edificação, nem a exaustão da quantidade de calor gerada pelos incêndios.

Foi demonstrado que os sprinklers podem acelerar a razão do acúmulo de fumaça na edificação, devido ao deslocamento lento da fumaça em edificações sem ventilação.

Infelizmente, houve uma controvérsia técnica durante vários anos, relacionada com a interação de sprinklers e os exaustores de fumaça.

Os argumentos principais foram que o calor por meio de ventilação da fumaça atrasaria a operação dos sprinklers e a quantidade de oxigênio mantido na edificação faria com que o fogo aumentasse drasticamente.

Hoje, mesmo os mais céticos com relação à ventilação concordaram que a sua presença não tem impacto sobre o desempenho dos sistemas de sprinklers padrões, um fato que foi demonstrado por pesquisadores no Reino Unido e nos EUA.

Experimentos mostraram que a ventilação não atrasou a operação do primeiro sprinkler de forma significativa, mas reduziu o número de sprinklers funcionando desnecessariamente.

É aceito que assim que o incêndio começar, a operação do combate ao incêndio médio deve ser iniciada. Quanto mais cedo for aberta a ventilação, maior a chance de se prevenir que a fumaça se misture com a camada de ar frio próxima ao piso.

Suas funções:

- Limita a difusão e controla o aumento do incêndio.

- Não reduz o dano causado pela fumaça.
- Reduz o aumento da temperatura dentro da edificação.
- Exaustão da fumaça.
- Previne o acúmulo de fumaça.
- Reduz a temperatura na edificação.
- Ajuda na fuga.
- Ajuda o combate ao incêndio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- *Guidance for the Design of Smoke Ventilation Systems for Single Storey Industrial Buildings, Including those with Mezzanine Floors and High Racked Storage Warehouses*. Smoke Ventilation Association. Inglaterra: 1994.

- *Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo.* Instrução Técnica nº 15 - Controle de Fumaça (2004)

- *Design Methodologies for Smoke and Heat Exhaust Ventilation.* Inglaterra: 1999.

- *Design of Roof Venting Systems for Single Storey Buildings.* Fire Research Technical Paper nº 10. Inglaterra: 1964.

- *Investigations into the flow of hot gases in roof venting*. Fire Research Technical Paper nº 7. Inglaterra: 1963.

XVIII
SISTEMAS DE COMBATE A INCÊNDIO POR AGENTES GASOSOS

Mario Nonaka

Engenheiro eletricista e diretor da Digisensor Sistemas de Segurança - marion@digisensor.com.br

1. Introdução

O fogo tem sido de grande importância para os seres humanos desde os períodos pré-históricos. Quando produzido de forma voluntária e controlada, está presente em nosso dia-a-dia, na forma de fogões, motores à combustão interna, calefatores, isqueiros, aquecedores de água, etc. e como principal fonte de calor em quase todos os processos industriais.

O problema surge quando o fogo aparece de forma involuntária, acidental e fora de controle. Nesse caso, passa a ser um elemento destruidor de vidas e patrimônios, sendo uma preocupação constante desde a antigüidade e certamente continuará a ser também no futuro.

No início, a água era a melhor forma de se combater incêndios, mas à medida que a civilização foi se modernizando, foram surgindo novos materiais, processos industriais, novos combustíveis, petróleo, materiais sintéticos, etc., obrigando o aperfeiçoamento dos equipamentos à base de água e o desenvolvimento de elementos extintores mais modernos, tais como, pó químico, gases, espuma proteínica e sintética, etc..

Quando desejamos combater incêndios em locais que possuem objetos de alto valor agregado como CPDs, salas de controle, centrais telefônicas, salas-cofre, arquivo de dados, laboratórios, bibliotecas e museus de arte, temos de pensar num agente extintor limpo, que não deixe resíduos, que não seja corrosivo, não-condutor de eletricidade, enfim, que não provoque destruição no ambiente protegido após seu uso.

No atual estágio tecnológico dos equipamentos de combate a incêndio, os gases se tornaram a melhor alternativa para esses casos, pois funcionam como agentes extintores totalmente limpos e após sua atuação é necessária somente uma adequada ventilação no ambiente para o reinício das atividades do local.

Por mais de cem anos, agentes gasosos como o dióxido de carbono (CO_2), argônio, nitrogênio, etc., são utilizados eficazmente no combate a incêndios e inertização em diversas atividades industriais e comerciais, por meio de sistemas fixos ou extintores portáteis.

Em 1929 foi elaborada nos Estados Unidos a norma NFPA 12 (National Fire Protection Association), fornecendo os requisitos mínimos necessários para todos os projetos, instalações e manutenções de sistemas de dióxido de carbono (CO_2). Apesar de antiga, essa norma é atualizada rotineiramente e sua ultima versão é a de 2005. No Brasil e no mundo todo a norma NFPA 12 é considerada como o principal documento técnico na elaboração de projetos de combate a incêndios por CO_2, juntamente com os regulamentos locais.

A principal deficiência dos sistemas de CO_2, argônio ou nitrogênio é que combatem incêndios retirando o oxigênio do ambiente, conseqüentemente trazendo riscos de acidentes de asfixia em pessoas que possam estar no local da descarga do agente gasoso.

Na década de 60 e início de 70, várias empresas químicas desenvolveram gases para aplicação em extinção de incêndios, que tinham como característica apagar o fogo sem a retirada significativa de oxigênio do ambiente.

Dentre os diversos gases lançados no mercado, o único que teve larga aceitação comercial foi o Halon 1301 (bromotrifluormetano) fabricado pela DuPont. Podia ser usado em ambientes normalmente habitados sem nenhuma restrição à presença de seres humanos, pois não era considerado asfixiante. Utilizado em concentrações entre 5 a 7%, ocupava menos espaço quando comparado ao CO_2, que era aplicado em altas concentrações entre 34 a 60% em volume.

Havia também o Halon 1211, utilizado em extintores portáteis devido à sua alta capacidade propelente.

A norma NFPA 12A, Sistemas de Extinção de Incêndio por Halon 1301, foi publicada oficialmente em 1970 e forneceu requisitos e orientações para os projetos e instalações de sistemas fixos utilizando gás Halon 1301.

Esse período coincidiu com a rápida expansão dos centros de computação, locais com equipamentos sofisticados e delicados, o que fez do Halon 1301 um produto-padrão, largamente utilizado na proteção dess tipo de ambiente, desde seu lançamento até 1987.

O Protocolo de Montreal de 1987 foi um marco histórico na utilização de agentes gasosos destinados ao combate de incêndios.

Esse documento tinha como objetivo o controle e a eliminação em âmbito global, da emissão na atmosfera de substâncias capazes de destruir a camada de ozônio, dentre os quais o Halon 1211 e Halon 1301, tendo o Brasil ratificado oficialmente o protocolo em 1994, junto com outros 23 países.

A proibição do uso, comercialização e importação de substâncias controladas pelo Protocolo de Montreal foi regulamentada no Brasil por meio das Resoluções do CONAMA de número 13 de 13/12/95 e número 229 de 20/08/97, depois substituídas pela número 267 de 14/09/2000.

2. Características dos agentes gasosos

Ao efetuamos a análise de risco de um determinado ambiente, temos de avaliar todos os riscos e um dos mais temidos é o incêndio.

Selecionar um produto de extinção de incêndio, dentro das alternativas existentes no mercado, é uma atividade meramente técnica, pois para cada tipo de combustível ou risco existe um agente extintor recomendado.

Mas essa decisão não se restringe a apagar o fogo, cabe ao gerenciador de riscos avaliar os efeitos colaterais pós-operação de extinção, ou seja:

- danos causados aos equipamentos ou máquinas.
- tempo para limpeza da água, sujeira ou resíduos no local.
- tempo para retorno das atividades operacionais.
- tempo para recolocar o sistema on-line.
- descarte da água utilizada no combate a incêndio.

Se o ambiente a ser protegido possuir equipamentos de alta tecnologia, alto valor agregado, sensíveis, de reposição complicada ou essenciais à continuidade das operações do local, normalmente a escolha de um sistema de extinção de incêndios se dá a favor dos agentes gasosos.

As principais características dos agentes extintores gasosos são:

a) não conduzem eletricidade.

b) vaporizam rapidamente e não deixam nenhum resíduo.

c) são adequados para incêndios classe A, B ou C.

d) após a extinção, permitem o reinício imediato das atividades do local.

Como conseqüência do Protocolo de Montreal, que estabeleceu critérios de proteção à camada de ozônio e o surgimento da NFPA 2001, que definiu regras mais rígidas para proteção de pessoas e o meio ambiente, atualmente classificamos os agentes extintores gasosos nas duas categorias a seguir.

2.1. AGENTES LIMPOS

A partir do Protocolo de Montreal de 1987, várias companhias químicas desenvolveram agentes extintores capazes de substituir o Halon 1211 e Halon 1301.

Diversos programas foram criados buscando identificar e avaliar as possíveis alternativas para as aplicações existentes que utilizassem os produtos banidos. O mais importante desses programas foi o SNAP *(Significant New Alternative Polices)* criado pela EPA *(Environmental Protection Agency)*, agência de proteção ambiental dos Estados Unidos, analisando uma série de candidatos sob os mais diversos critérios e criando uma lista de produtos considerados aceitáveis sob determinada ótica enquanto, de modo paralelo e coordenado, a NFPA *(National Fire Protection Association)* elaborava uma norma técnica específica para os agentes que surgiam – a norma NFPA-2001, aprovada em 1994.

Com base na norma NFPA 2001 da National Fire Protection Association, são atualmente realizados todos os projetos e instalações de sistemas de combate a incêndios utilizando-se gases limpos, substitutos do Halon 1301.

Para o perfeito entendimento e aplicação dessa norma, é essencial o conhecimento das seguintes definições:

• **ODP *(Ozone Depletion Potential):***

É a capacidade de uma determinada substância de provocar danos à camada de ozônio.

• **NOAEL *(No Observed Adverse Effects Level):***

É a maior concentração de um determinado agente, em que não se observa nenhuma reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera.

• **LOAEL *(Lowest Observed Adverse Effects Level):***

É a menor concentração de um determinado agente, na qual pode se observar qualquer reação, efeito adverso ou sintoma em seres humanos submetidos a essa atmosfera.

Na Tabela 2.1 podemos verificar os valores de NOAEL e LOAEL dos diversos agentes limpos aprovados pela NFPA 2001, lembrando que para proteção de ambientes habitados a máxima concentração de agente permitida é o NOAEL e o tempo máximo de permanência no local é de 5 minutos.

Tabela 2.1

AGENTE LIMPO	NOAEL (PORCENTAGEM DE AGENTE EM VOLUME)	LOAEL (PORCENTAGEM DE AGENTE EM VOLUME)
FC-3-1-10	40.0	> 40.0
HCFC Blend A	10.0	> 10.0
HCFC-124	1.0	2.5
HFC-125	7.5	10.0
HFC-227ea	9.0	> 10.5
HFC-23	30.0	> 50.0
HFC-236fa	10.0	15.0
IG-01	43.0	52.0
IG-100	43.0	52.0
IG-541	43.0	52.0
IG-55	43.0	52.0

O presente texto não tem como objetivo ensinar a projetar, calcular ou instalar sistemas fixos de agentes limpos. Tem como finalidade apresentar os fundamentos da norma NFPA 2001, auxiliando no seu entendimento e aplicação.

A perfeita obediência às exigências da NFPA-2001 protege e orienta os consumidores nos seguintes aspectos:

a) Todos os agentes aprovados são seguros na aplicação como agentes extintores, em que a concentração mínima de projeto foi definida como concentração de extinção de uma chama de n-heptano (teste de Cup Burner), acrescida de uma margem de segurança de 20%.

Todos os agentes aprovados são inofensivos à camada de ozônio, apresentando o ODP igual a zero, com exceção do NAF-S-III com o ODP = 0,044 que teve seu uso restrito.

b) Para utilização em áreas ocupadas por seres humanos, a máxima concentração de agente extintor permitida é o NOAEL, ou seja, não haverá risco toxicológico às pessoas. Mesmo assim, a NFPA 2001 em sua revisão de 2004 estabelece que, em ambientes com concentrações de agentes limpos menores ou iguais ao NOAEL, o tempo máximo de permanência de pessoas é de 5 minutos.

c) Após a extinção, não deixam qualquer tipo de resíduos corrosivos ou sujeira.

d) Todos os gases não são condutores de eletricidade até os níveis de médias tensões. Para tensões acima de 1KV, o projetista deve verificar as distâncias mínimas recomendadas entre condutores de alta tensão e terra, em função da rigidez dielétrica do gás utilizado.

e) Durante a descarga não provocam choque térmico ou condensação no ambiente protegido.

Devido à existência de agentes limpos que utilizam diferentes processos físico-químicos no combate a incêndios, a norma NFPA 2001 classifica os agentes limpos em dois grupos distintos.

2.1.1. GASES INERTES

O primeiro grupo, denominado gases inertes, combate incêndios reduzindo a concentração de oxigênio presente no ar até 12% em volume, que segundo a norma, é a mínima concentração de O_2 sem riscos para a respiração humana. Os gases inertes são formados basicamente por uma composição de argônio e nitrogênio, e são comercializados pelos produtos Argonite, Argon e Inergen.

NOME COMERCIAL	INERGEN	ARGON	ARGONITE
NFPA-2001	IG-541	IG-01	IG-55
Nome químico	Argônio/nitrogênio	Argônio	Argônio/nitrogênio
Fórmula química	52% nitrogênio 40% argônio 8% CO_2	100% argônio	50% argônio 50% nitrogênio
Pressão cilindro	2.175 psi	2.370 psi	2.222 a 4.443 psi
Pressão no redutor	1.000 psi	975 psi	950 psi
Concentração mínima de projeto	37,5%	~ 37,5%	~ 37,5%
NOAEL	43%	~ 43%	~ 43%
Tempo de descarga	60 seg	60 seg	60 seg
Uso em áreas ocupadas (NFPA)	Sim	Sim	Sim
ODP	Zero	Zero	Zero
Toxicidade	Não-tóxico	Não-tóxico	Não-tóxico
Produtos de decomposição	Somente os gerados no incêndio	Somente os gerados no incêndio	Somente os gerados no incêndio

2.1.2. GASES ATIVOS

O segundo grupo é formado pelos agentes ativos, cujo princípio de funcionamento não é a redução de oxigênio como nos gases inertes, mas atua na retirada da energia térmica presente no incêndio e na interrupção da reação química em cadeia do processo de combustão. Os agentes ativos são formados por diversas famílias químicas não restringidas no Protocolo de Montreal (1987) e comercializados pelos produtos FM-200, FE-227, Novec, entre outros.

São misturas de elementos químicos, não-asfixiantes, que combatem incêndios por inibir a reação química entre combustível e comburente, além de sua ação resfriadora no incêndio.

FABRICANTE	E.I. DUPONT	GREAT LAKES CHEMICAL	3M	NORTH AMERICAN FIRE GUARDIAN
Nome comercial	FE-13	FM-200	CEA-410	NAF-S-III
NFPA-2001	HFC-23	HFC-227ea	FC-3-1-10	Mistura A de HCFCs
Nome químico	Tri-fluor-metano (HFC)	Hepta-fluor-propano (HFC)	Perfluor-butano (PFC)	Mistura de HCFCs
Fórmula química	CHF3	CF3CHFCF3	C4F10	HCFC-22 (82%) HCFC-123 (4,75%) CCFC-124 (9,5%)
Pressão	609 psi	360 psi	360 psi	360 psi
Concentração mínima de projeto	16,8%	7,0%	6,0%	8,6%
NOAEL	30%	9%	40%	12%
Tempo de descarga	< 10 seg	< 10 seg	< 10 seg	< 10 seg
Uso em áreas ocupadas (NFPA)	Sim	Sim	Sim	Sim
ODP	Zero	Zero	Zero	0,044
Toxicidade (LC50)	65%	80%	80%	32%
Produtos de decomposição	HF e os gerados no incêndio	HF e os gerados no incêndio	HF e os gerados no incêndio	HF e os gerados no incêndio
Densidade máxima de enchimento (lbs/ft³)	54,0	72,0	80,0	56,2

2.2. DIÓXIDO DE CARBONO (CO_2)

Essa norma da National Fire Protection Association fornece os requisitos necessários aos sistemas de proteção contra incêndio por CO_2.

Dióxido de Carbono (CO_2)

É um gás inodoro, não tóxico, não condutor de eletricidade, não deixa resíduos corrosivos, que combate incêndios pela redução do nível de oxigênio do ambiente protegido para valores abaixo de 13,86%, impossibilitando a respiração humana.

O CO_2 é utilizado em extintores portáteis e principalmente na indústria, na proteção de geradores de energia elétrica, laminadores, máquinas gráficas, tanques de óleo, fornos, dutos, armazenamento de líquidos inflamáveis, etc.

Os sistemas de CO_2 se classificam em dois tipos, relativos a pressão de armazenagem:

2.2.1. CO_2 BAIXA PRESSÃO

Quando é utilizado um tanque de aço dotado de sistema de resfriamento, com capacidade para as necessidades da área protegida, mantido à pressão de 300 psi a 18°C.

Possui uma válvula reguladora comandada por temporizador, de forma a fornecer a quantidade de CO_2 correspondente ao volume do local protegido.

Normalmente é utilizado para quantidades de CO_2 acima de 3.000 Kg.

2.2.2. CO_2 ALTA PRESSÃO

Quando são utilizados cilindros com capacidade até 45 Kg de CO_2, à pressão de 850 psi a 21 °C e densidades de enchimento até 68%.

Com relação ao método de aplicação, existem duas modalidades:

2.2.3. CO_2 APLICAÇÃO LOCAL

Quando o risco protegido não está confinado num espaço fechado.

Tempo de descarga: máximo de 30 segundos.

Para o cálculo de quantidade de CO_2 no caso de local com 3 dimensões, como uma máquina, utiliza-se o método do volume.

Para os locais com duas dimensões, como a superfície de um tanque de têmpera, utiliza-se o método da Área.

2.2.4. CO_2 INUNDAÇÃO TOTAL

Quando é possível confinar o risco dentro de um volume definido, como dutos de cozinha, túnel de cabos, geradores, salas elétricas, cubículos elétricos, depósito de combustíveis, etc.

Tempo de descarga entre 1 a 7 minutos, com pelo menos 30% em 2 minutos.

Nesse caso, aplicam-se concentrações que variam de 34% (gasolina, querosene) até 74% (hidrogênio).

3. Aplicações típicas dos agentes limpos

3.1. GERAL

Os ambientes sugeridos para a aplicação dos agentes limpos são:

- centro de processamento de dados.
- telecomunicações.
- fitotecas.
- laboratórios.
- museus e bibliotecas.
- tomografia e ressonância magnética.
- salas de controle e automação.
- processos industriais.

3.2. REQUISITOS IMPORTANTES

Toxicidade apropriada para os ambiente habitados, ou seja NOAEL compatível.

Tempo de descarga não superior a 10 s; exceção para os gases inertes que é de um minuto.

O tempo de descarga é o tempo necessário para a liberação de 95% da massa para atingir a concentração mínima de projeto.

3.3. CARACTERÍSTICAS DO PROJETO DO SISTEMA DE COMBATE POR AGENTES LIMPOS

A escolha do agente limpo é um fator importante para o projeto do sistema de combate de incêndio por agente limpo.

A figura ao lado mostra as características de alguns agentes limpos quando aplicados no ambiente.

Outro fator a ser considerado no projeto é o espaço ocupado pelos cilindros que contêm os agentes limpos.

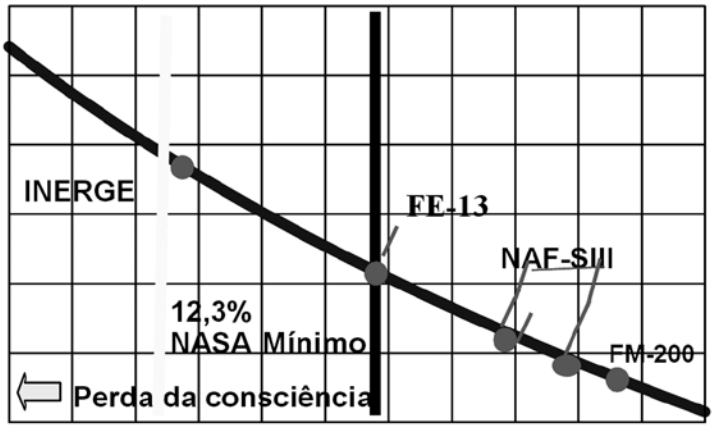


FIGURA 1 - Diminuição da concentração de oxigênio no ambiente

A figura abaixo mostra a eficiência dos gases limpos e, portanto, o volume ocupado pelos mesmos. O halon 1301 está como uma referência.

FIGURA 2 - Espaço ocupado por cilindros

A análise técnica deve ser realizada nos seguintes pontos:

a) Dimensões dos locais – normalmente para ambientes até 300 m², os sistemas fixos de gases ativos, possuem custo menor de implantação.

b) Concorrência de preços – o gás extintor deverá ter vários fornecedores tradicionais no mercado, o usuário não pode depender só de um fornecedor.

c) Aceitação do gás no mercado – verificar a quantidade de sistemas instalados no país, pois gases pouco comercializados terão pouca oferta na hora da recarga.

d) Espaço para cilindros de gás – verificar disponibilidade no início do projeto.

e) Equipamentos certificados – são a garantia de confiabilidade do sistema de proteção.

f) Certificado de procedência do gás – evita o uso de gases não originais.

Cuidados do consumidor:

- Certificado de procedência do gás.
- Garantia do fornecedor.
- Conferir a estanqueidade e medidas dos volumes protegidos.
- Experiência e idoneidade do fornecedor.
- Cilindros, equipamentos aprovados por uma entidade especializada e neutra.
- Respeito às concentrações e densidades de enchimento.
- Não permitir improvisos e gambiarras que comprometam a confiabilidade do sistema.
- Placas de sinalização aos usuários.
- Exigir treinamento de operação completo.
- Sistema de detecção com equipamentos aprovados por uma entidade especializada neutra.

4. Sistema fixo de gás carbônico (CO_2)

4.1. GERAL

Será dada uma ênfase para o sistema fixo de combate a incêndio utilizando gás carbônico como agente extintor.

Trata-se de um sistema muito difundido em nosso País

O gás carbônico (CO_2) não é considerado um agente limpo, apesar de não deixar resíduo, pois apresenta um grau de toxicidade a baixa concentração (cerca de 9% em volume do ar).

É um gás inodoro, não-corrosivo e não conduz eletricidade.

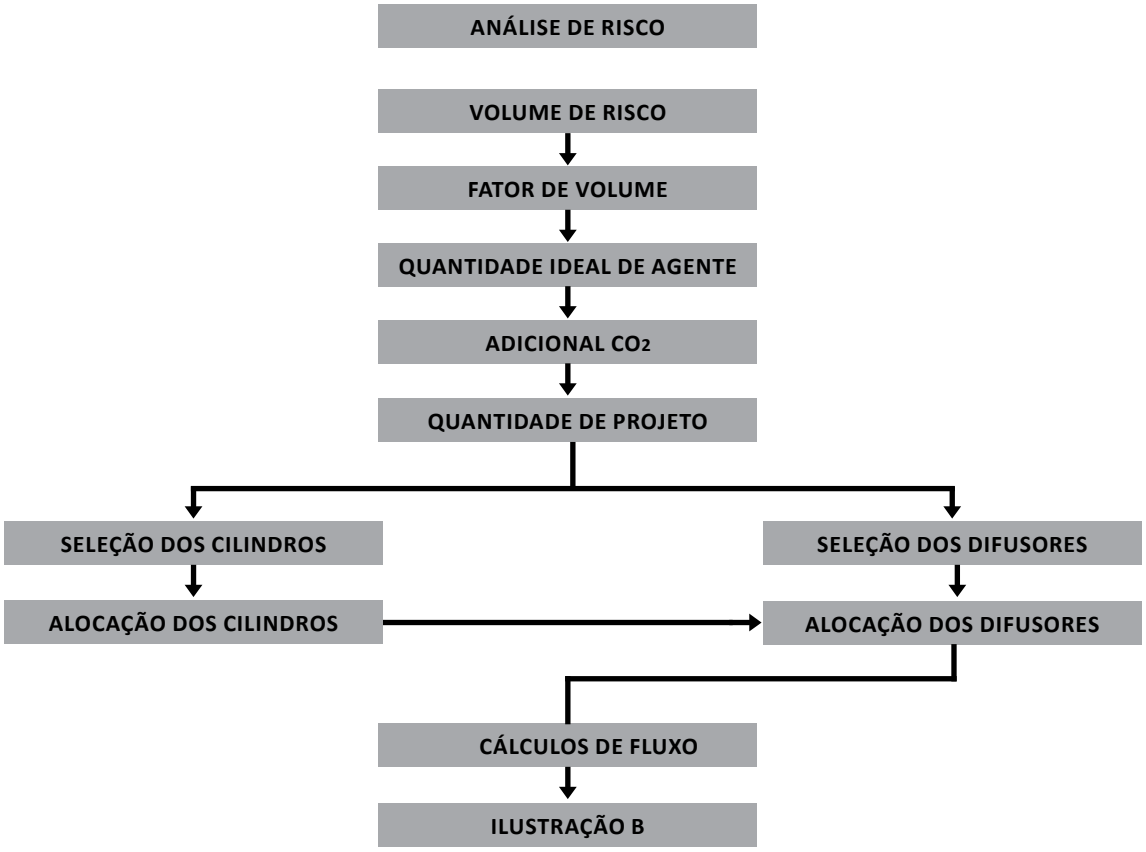
É aplicado em ambientes confinados nos quais se faz a inundação total ou diretamente sobre o objeto a ser protegido, como por exemplo: motores, tanques de temperas, porão de cabos, coifas de cozinhas industriais ou comerciais, etc.

Seu mecanismo de extinção é por abafamento, diminuindo a concentração de oxigênio.

Combate fogo classes: A, B e C.

4.2. FLUXOGRAMA PARA PROJETAR O SISTEMA DE CO_2

A figura abaixo orienta a elaboração do projeto de sistema de gás carbônico.



Em função do armazenamento de CO_2, tem-se dois tipos de sistema:

1) Sistema de alta pressão para armazenamento até 4.000 kg de CO_2. Nesse caso se usa cilindros.

2) Sistema de baixa pressão para armazenamento acima de 4.000 kg até 30.000 kg de CO_2. Nesse caso se usa tanques.

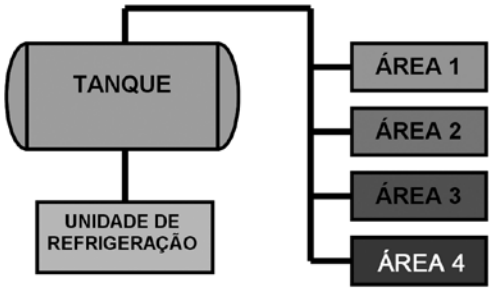
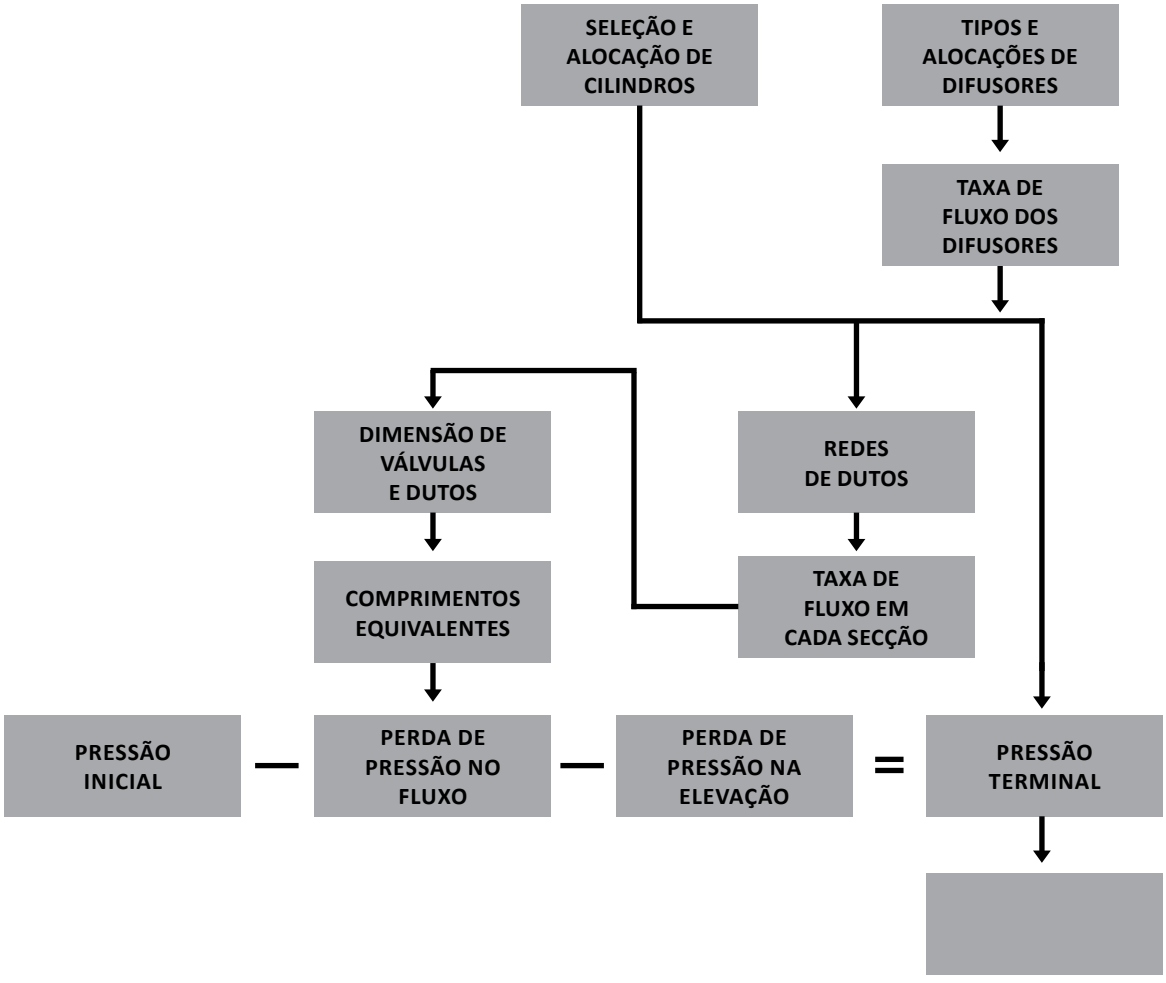


FIGURA 3 - Sistema de baixa pressão.

Tabela 1 - Fator de inundação para concentração de 34%, em volume de CO_2



VOLUME PROTEGIDO (m^3)	FATOR DE VOLUME		QUANTIDADE CALCULADA (kg) NÃO MENOR QUE
	(m^3 / kg CO_2)	(kg CO_2 / m^3)	
Até 3,96	0,86	1,15	---
3,97 - 14,15	0,93	1,07	4,50
14,16 - 45,28	0,99	1,01	15,10
45,29 - 127,35	1,11	0,90	45,40
127,36 - 1.415,0	1,25	0,80	113,50
Acima de 1.415,0	1,38	0,77	1.135,00

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• *SFPE - Society of Fire Protection Engineering.* Handbook, 3ª edição, Bethesda, USA: 2002.

• *NFPA – National Fire Protection Association Standard on Clean Agent Fire Extinguishing System.* NFPA 2001, Mass, USA: 2003.

• *CONAMA.* Resolução 13 de 13/12/95.

• *Montreal Protocol Halons Technical Options Commitee Environmental Protection Agency.* Final Rule, March/94.

XIX
BRIGADAS DE INCÊNDIO

Ten. Cel. Res. PM Abel Batista Camillo Júnior
Ex-oficial do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

Cap. PM Walmir Corrêa Leite
Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo

1. Introdução

Um dos mais antigos problemas da humanidade era combater os grandes incêndios que, quando ocorriam, se tornavam devastadores, pois não podiam ser controlados, e destruíam tudo que encontravam pela frente. Com o avanço das civilizações, o homem começou a se organizar para prevenir e combater esses incêndios, surgindo, assim, de forma organizada, as primeiras equipes de combate ao fogo, que mais tarde foram denominadas "brigadas de combate a incêndios".

Para que haja, em uma edificação, segurança contra incêndios de forma eficiente, devemos observar três aspectos básicos:

1. Equipamentos instalados: de acordo com o risco da edificação, sua utilização, área e o número de ocupantes, serão projetados levando-se em conta quais devem ser os equipamentos de prevenção e combate a incêndios necessários para protegê-la.

2. Manutenção adequada: de nada adianta possuirmos sistemas adequados e devidamente projetados para uma edificação se eles não estiverem em perfeito funcionamento e prontos para o uso imediato.

3. Pessoal treinado: os equipamentos instalados e com uma correta manutenção serão inócuos se não possuirmos pessoal treinado para operacionalizá-los de forma rápida e eficiente.

Assim, podemos perceber quão eficiente é a existência, a formação e o treinamento das brigadas de combate a incêndios. O corpo de bombeiros profissional não conseguem estar presentes em todos os locais, como empresas, comércios e indústrias, por isso todas as legislações atuais determinam a existência de grupos treinados para o combate a incêndios, abandono de local e situações de emergência.

2. Histórico[1]

Podemos dizer, então, que o combate a incêndios surgiu quando o homem sentiu a necessidade de controlar o fogo que, quando fugia do controle, poderia devastar tudo o que existia no local.

Uma das primeiras organizações de combate ao fogo de que se tem notícia foi criada na Roma antiga, em 27 A.C. Um grupo conhecido como vigiles patrulhava as ruas para impedir incêndios e policiar a cidade. Nessa época, o fogo era um grande problema para os vigiles, que não possuíam métodos eficientes para sua extinção.

Em 1666, na Inglaterra, existiam as brigadas de seguros contra incêndios, que eram formadas por companhias de seguros, que foram criadas após um grande incêndio que ocorreu em Londres, o qual deixou milhares de pessoas desabrigadas. Essas brigadas foram criadas para proteger a propriedade de seus clientes.

No Brasil não foi diferente. As primeiras organizações de combate a incêndios só começaram a surgir após os grandes incêndios, como o que destruiu, em 1732, parte do Mosteiro de São Bento, próximo à atual Praça Mauá, no Rio de Janeiro. Naquela época também eram muito escassos os meios para combater grandes incêndios.

Por causa do tipo de construção das casas e edificações da época, a maioria em madeira, e pelas ruas e

1. Corpo de Bombeiros da Brigada Militar do Rio Grande do Sul, disponível em http://www.brigadamilitar.rs.gov.br/bombeiros, acesso em maio 2007.

vielas muito estreitas e irregulares, as chamas se propagavam rapidamente.

Como em várias outras partes do mundo, o alarme de incêndio era dado pelos sinos das igrejas. Eles alertavam as milícias, os aguadeiros com suas pipas e os voluntários da população, que ajudavam transportando os baldes de mão em mão da fonte de água mais próxima até o local do incêndio.

A dificuldade aumentava quando o incêndio ocorria à noite e as vítimas eram numerosas, em grande parte pela dificuldade de abandono dos locais em face da precária iluminação existente.

Em 1763 foi criado o Arsenal de Marinha, que foi escolhido para ter uma repartição preparada para extinguir os incêndios na cidade, levando-se em conta a experiência que os marinheiros possuíam em apagar o fogo em suas embarcações.

3. Tipos de brigadas

Podemos denominar de várias maneiras as brigadas, porém, de forma mais simplificada podemos classificá-las em três grandes grupos:

1. Brigadas de incêndios: aquelas destinadas a combater princípios de incêndios nas edificações; são compostas de funcionários treinados de diversos setores (ou de vários andares) da empresa para a extinção dos focos de incêndio.

2. Brigadas de abandono: aquelas destinadas a realizar a retirada da população das edificações; são compostas de funcionários com treinamento especifico para o abandono de local. Não fazem parte da brigada de incêndio, pois, em uma situação de emergência, devem deixar o local junto com a população do prédio.

3. Brigadas de emergências: aquelas que, além de combater princípios de incêndios, realizam também a orientação para o abandono de local; são responsáveis por sinistros e riscos de locais específicos, tais como inundações, vazamentos de produtos perigosos, vazamentos de fornos, etc..

As brigadas podem também ser divididas de acordo com o local de sua ocupação em:

- Brigadas industriais.
- Brigadas comerciais.
- Brigadas residenciais.

No caso de prédios, devemos ter exigências específicas para as edificações de acordo com a sua altura.

4. Definições de risco

A tendência atual é que o corpo de bombeiros e os órgãos reguladores das brigadas de combate a incêndios estabeleçam somente critérios básicos para a formação, deixando para o responsável pela ocupação da área definir, de acordo com os riscos existentes, qual seria a sua melhor composição da brigada e qual a qualificação mínima de seus membros.

Os órgãos oficiais devem definir e determinar, com muita clareza e propriedade, quais deverão ser os equipamentos de prevenção e combate a incêndios (EPCI) que precisam ser instalados de acordo com os riscos existentes na edificação.

A partir dessa definição, sugerimos que sejam estudados critérios para a adequação do tamanho e da estrutura das brigadas, para que elas se tornem viáveis de acordo com o número da população fixa existente em cada uma das áreas e setores da edificação.

5. Método de avaliação de riscos em edificações - Método de Gretener

A avaliação de riscos de ocorrência de incêndios e sua propagação sempre despertaram nos estudiosos do assunto o interesse em calcular, de forma mais exata, qual seria a real necessidade dos equipamentos de prevenção e combate a incêndios e os meios materiais e de pessoal que deveriam ser exigidos para as edificações.

Foi em 1960 que o engenheiro suíço Max Gretener, diretor da Associação de Proteção Contra Incêndios da Suíça, iniciou os estudos para tentar calcular de forma mais exata esses riscos. Em 1965, seu método foi pu-

blicado e visava calcular os riscos em construções industriais e edificações de grande porte. Esse método sofreu atualizações, sendo a última ocorrida em dezembro de 1996 pela Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes (SIA). A Comissão de Estudos da ABNT CE 24:201-03 optou por esse método como base da norma sobre o potencial de riscos de incêndios em edificações.

O método é composto por várias tabelas, mas, para fins didáticos, pode ser explicado de uma forma muito simplificada pela seguinte fórmula:

$$\frac{P}{NSF},$$

onde:
P = perigo potencial
N = medidas normais
S = medidas especiais
F = medidas de construção

Entre as medidas de proteção sugeridas pelo método são citadas como medidas especiais os escalões de intervenção, que, para nós, são as brigadas de prevenção e combate a incêndios.

5.1. SUGESTÃO DE ESTUDOS PARA A ADEQUAÇÃO DO NÚMERO DE BRIGADISTAS DE ACORDO COM OS EQUIPAMENTOS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS INSTALADOS

De acordo com o método de Gretener, os escalões de intervenção – brigadas de incêndios – fazem parte de um complexo sistema de prevenção e combate a incêndios e devem ter sua importância quantificada dentro de uma visão global.

Sugerimos que quando da estruturação das brigadas de incêndios sejam observados, não só o número da população existente na edificação, mas, também, que se leve em conta todos os sistemas de proteção passivos e ativos existentes para o combate. Em especial que se criem tabelas que considerem os equipamentos automáticos de detecção, extinção de incêndios e controle de fumaça. Esse tipo de quantificação seria mais um referencial para se encontrar o perfeito e adequado dimensionamento das brigadas.

6. Parâmetro fiscalizador

Para sabermos se uma brigada de combate a incêndios está bem dimensionada para a edificação para a qual prestará segurança, podemos nos ater a um parâmetro fiscalizador, que será baseado nos equipamentos instalados de acordo com o projeto aprovado no corpo de bombeiros.

Esse critério ajudará a verificar se o número de brigadistas não está hiperdimensionado para o local ou não seria suficiente em caso de uma emergência.

Para aplicá-lo, alguns pressupostos precisam ser considerados:

• Os equipamentos de prevenção e combate a incêndios são instalados conforme normas e critérios previamente estabelecidos pelo corpo de bombeiros, por intermédio da legislação vigente.

• Os equipamentos instalados, em especial os hidrantes e extintores, devem ter pessoal habilitado em número suficiente para operá-los.

• Para operar um hidrante de parede, sugere-se, por segurança, um mínimo de três pessoas habilitadas.

• Uma pessoa habilitada manuseia com eficiência e rapidez, nos primeiros cinco minutos de um sinistro, aproximadamente duas unidades extintoras.

• Nunca serão operados, ao mesmo tempo, todos os hidrantes de uma edificação, devendo ser observado o cálculo do dimensionamento da rede.

Considerando que os parâmetros (critérios) de metragem quadrada x altura da edificação e população fixa podem, por vezes, compor um quadro irreal e exigir um número ideal de brigadistas, tanto para mais quanto para menos; poderemos adotar o critério do número de equipamentos instalados como um "sensor" e fiscalizador dos dois primeiros, observando-se o seguinte:

Nº de brigadistas = (nº de hidrantes x 3) + (nº de extintores : 2)
2

7. Brigadas de abandono

Uma das maiores preocupações durante uma situação de emergência é a retirada das pessoas, o mais rápido possível, sem qualquer tipo de acidente ou incidente, de dentro do local sinistrado para um ambiente seguro; esse procedimento é chamado de "abandono de local".

De acordo com as características da população que ocupa a edificação, hoje podemos dividir, didaticamente, as situações de abandono de local em abandono orientado e abandono coordenado.

O *abandono orientado* é aquele em que a brigada é treinada para se colocar em locais predeterminados durante uma situação de emergência, orientando a seus ocupantes qual o caminho a ser seguindo para a saída rápida e segura do prédio, pois o imóvel possui uma população que desconhece os procedimentos de abandono da edificação. Podemos citar como exemplos os locais de reunião pública, lojas de departamentos, shoppings, etc.

O *abandono coordenado* é aquele em que a brigada é treinada para agir de acordo com um plano predeterminado, em que cada um de seus membros possui uma função específica, e a população, em sua maioria fixa, é treinada para as situações de emergência, sabendo como proceder durante um abandono de local.

Para facilitar a compreensão desse assunto, devemos rever algumas definições:

• **Brigada de abandono:** grupo de funcionários estrategicamente localizados e devidamente treinados para efetuarem a retirada ordenada de todos os ocupantes do edifício.

• **Plano de abandono:** conjunto de normas e ações desencadeado pela equipe da brigada de abandono, visando à remoção rápida, segura, de forma ordenada e eficiente de toda a população fixa e flutuante da edificação em caso de uma situação de sinistro ou em exercício simulado de abandono.

• **Ponto de reunião ou concentração:** local seguro, previamente escolhido, fora do prédio, onde serão reunidos todos os funcionários para conferência.

• **Brigada de incêndio:** a brigada de incêndio é composta por funcionários de diversos setores da empresa que possuem treinamento específico para o combate ao fogo. Sua organização, entretanto, deverá ser de acordo com as características da edificação, como altura, área construída, número de ocupantes e de pavimentos e tipo de ocupação.

• **Alarme de incêndio:** é um sistema de alerta utilizado para comunicar a existência de uma ocorrência na edificação, dotado de botoeiras com vidros de proteção e sirenes ligadas a uma central de baterias. O alarme é acionado quando o vidro é quebrado e entra em funcionamento emitindo um som característico.

• **Treinamentos:** são exercícios realizados, periodicamente, com o objetivo de conscientizar os ocupantes de uma edificação, treinando-os para seguirem corretamente as normas de segurança necessárias em caso de emergência. Esses exercícios devem ser programados para que todos conheçam as rotas a serem seguidas, aperfeiçoando o tempo para desocupação, bem como os tipos e os toques de alarme que deverão iniciar a preparação do abandono controlado.

7.1. COMPONENTES DE UMA BRIGADA DE ABANDONO

Durante o abandono coordenado, devemos ter componentes da brigada com funções específicas que possuam responsabilidades diversas durante os procedimentos de retirada das pessoas do local sinistrado. As funções básicas são coordenador-geral, coordenador de andar, puxa fila, cerra-fila e auxiliar.

• **Coordenador-geral**

- É o responsável por todo o abandono.

- Determina o início do abandono.
- Controla a saída de todos os andares.
- É o responsável geral por todas as decisões em nível de abandono.
- Libera ou não o retorno das pessoas à edificação após ter sido debelado o sinistro.

• **Coordenador de andar**

- É o responsável pelo controle de abandono em seu andar.
- Determina a organização da fila.
- Confere visualmente os componentes de seu andar e verifica se todos estão na fila.
- Inspeciona todo o andar, inclusive salas, depósitos e sanitários.
- Determina o mais rápido possível o início da descida ou da saída.
- Ao chegar ao ponto de reunião ou concentração, confere novamente todo o pessoal, por meio de uma listagem previamente elaborada.
- Deve dar atenção especial para remoção de pessoas idosas, portadoras de necessidades especiais, gestantes e crianças.

• **Puxa-fila**

- É o primeiro componente da brigada de abandono de cada pavimento.
- Ao ouvir o alarme de abandono, assume o local predeterminado.
- É o responsável por iniciar a saída ou a descida organizada.
- Determina a velocidade da saída (deve receber treinamento específico para isso).
- Deve estar identificado com o número do pavimento.
- Deve ajudar a manter a calma e a ordem do seu grupo.
- Deve formar uma fila indiana intercalando homem e mulher, homem e idoso, e criança.

• **Cerra-fila**

- É o último componente da brigada de abandono.
- É o responsável para ajudar na conferência do pessoal da fila, auxiliando o coordenador do andar.
- Auxilia na organização para evitar flutuação da fila.
- Responsável pelo fechamento das portas que ficarem para trás durante o abandono.
- Não deve permitir espaçamento, brincadeiras, conversas em demasia ou retardar a saída.
- Deve auxiliar as pessoas em caso de acidentes ou mal súbito.

• **Auxiliar**

- É o componente da brigada de abandono sem função específica.
- Ele pode substituir tanto o puxa-fila quanto o cerra-fila, em caso de falta, ou o coordenador de andar.
- Auxilia os demais componentes na vistoria das dependências do estabelecimento.
- Normalmente a sua identificação é feita somente por um bóton.

Observação: Caso a edificação não comporte uma brigada de abandono com treinamento coordenado, deverá ser montado um plano de abandono do tipo orientado, em que será acrescentada a função de monitor de trajeto. Os brigadistas com essa função serão os responsáveis pela orientação do fluxo das pessoas para as saídas de emergência mais adequadas e próximas, colocando-se em pontos estratégicos que, além de serem visuais, facilitem a saída rápida e segura do local.

7.2. PROCEDIMENTOS BÁSICOS DE ABANDONO

Para a perfeita execução do abandono de local, faz-se necessário o treinamento periódico dos componentes da brigada, bem como a realização de palestras-relâmpago para os demais funcionários, visando a orientá-los a respeito dos procedimentos gerais a serem seguidos. As principais orientações são as seguintes:

• pegar seus pertences pessoais.
• desligar os equipamentos elétricos.

• dirigir-se ao local predeterminado pelo plano de abandono.
• manter a calma evitando tumultos e pânico.
• caso esteja recebendo visitas, leve-as com você e coloque-as à sua frente na fila, orientando-as a respeito (elas serão de sua responsabilidade).
• nunca use os elevadores.
• não ria nem fume.
• não interrompa sua descida por nenhum motivo.
• nunca retorne ao local sinistrado.
• ao chegar ao andar térreo, encaminhe-se para o ponto de reunião predeterminado.
• mantenha-se em silêncio e aguarde a conferência (rápida e visual) do coordenador de andar para iniciar a descida.
• caso tenha conhecimento de que um funcionário faltou, avise o coordenador de andar.
• obedeça as orientações dos componentes da brigada de abandono.
• ande em ordem, permaneça em fila indiana, evitando flutuação.
• evite fazer barulho desnecessário.
• não tire as roupas do corpo.

8. Planos de intervenção das brigadas

As brigadas de combate a Incêndios e as brigadas de abandono de local devem ser treinadas periodicamente, fazer exercícios simulados e possuir um plano de intervenção, no qual deverá constar, em função dos riscos existentes na edificação, a utilização dos recursos disponíveis.

É importante que sejam predefinidas as ações de combate a incêndios e abandono de local, e que elas sejam formalizadas por meio desse plano e que ele seja amplamente divulgado aos componentes das brigadas.

9. Conteúdo programático dos currículos das brigadas

As brigadas devem possuir um treinamento mínimo estabelecido pelos órgãos responsáveis pela normatização no Brasil, dentre eles o corpo de bombeiros e a Associação Brasileira de Normas Técnicas. No entanto, devido às inúmeras diferenças existentes e os múltiplos aspectos envolvendo a produção, a ocupação, o armazenamento e os riscos dos materiais combustíveis que variam de edificação para edificação, caberá ao responsável pelo treinamento de cada brigada estabelecer quais devem ser os treinamentos específicos a que as pessoas deverão ser submetidas. Esses treinamentos deverão estar especificados e detalhados no Programa de Treinamento da Brigada e, quando das vistorias pelos órgãos competentes, deverão ser apresentados para possíveis esclarecimentos e orientações.

10. Os primeiros socorros para brigadas de incêndio

10.1. INTRODUÇÃO

Os primeiros socorros, mais modernamente conhecidos como atendimento pré-hospitalar, por representarem medidas realizadas à vítima antes da chegada ao nosocômio, são parte fundamental das atividades exercidas pelo integrante da brigada de incêndio, como forma de assegurar, por meio de procedimentos conhecidos como suporte básico da vida, a integridade do acidentado, garantindo-lhe sobrevida ou evitando o agravamento das lesões até a chegada de equipe especializada, ou até a possibilidade do socorro definitivo no hospital.

Portanto, como medida inicial e em atendimento ao contido na NBR 14.276 e IT 17 do Decreto Estadual nº 43.076/01, nos parece fundamental que o brigadista esteja primeiramente preparado para o atendimento de emergências que envolvam trauma nas situações típicas de intervenção e, acessoriamente, que possua algum conhecimento para as situações atípicas que seriam representadas pelos casos clínicos, como convulsões, desmaios, crises diabéticas etc., reconhecidamente mais freqüentes nos ambientes de trabalho ou residenciais, porém sem a

previsão legal para o atendimento ao conteúdo que habilite o socorrista a essa modalidade de emergência médica.

Assim, a sugestão que fazemos é que o previsto nas legislações supracitadas seja, sempre que houver disponibilidade, complementado para os casos que envolvam situações específicas atribuídas à intervenção do brigadista.

Além do conhecimento sobre avaliação da vítima, liberação de vias aéreas, técnicas de ressuscitação cardiopulmonar (RCP) e hemorragias (todos os assuntos incluídos na legislação vigente), nos parece fundamental que o brigadista tenha uma noção sobre a segurança de cena, ponto de partida para qualquer atendimento e possa também intervir nas queimaduras (físicas, químicas e elétricas); e, principalmente, que domine as técnicas de manipulação e transporte de vítimas que, a nosso ver, tem estreita ligação com as funções das brigadas de incêndio, quer seja nos atendimentos efetivamente prestados, quer seja no suporte preventivo, nos casos de acionamento de plano de abandono (idosos, crianças ou incapacitados).

Cada um dos assuntos então terá de ser desenvolvido seguindo as orientações dos protocolos modernos, sugerindo-se esta disposição:

10.2. OS PRIMEIROS SOCORROS INSERIDOS NAS BRIGADAS DE INCÊNDIO

10.2.1. SEGURANÇA DE CENA (RISCOS E BIOSSEGURANÇA)

Devemos, como medida inicial e antes do atendimento a possíveis vítimas, observar o local, eliminar riscos potenciais para o socorrista, vítima e terceiros, já que não se quer o surgimento de novas vítimas, inclusive brigadistas. Para tanto, a observação das seguintes medidas são fundamentais:

- Sinalizar e isolar adequadamente o local do atendimento.
- Verificar a utilização de EPI adequado.
- Solicitar sempre apoio ao corpo de bombeiros (telefone de emergência 193).
- Liberar a via trafegável o mais rápido possível e com segurança.
- Cuidado com a contaminação e outros riscos, tais como explosão, agressões vindas de terceiros, etc.

Feito isso, podemos nos concentrar no atendimento às vítimas por meio de:

10.2.1.1. ANÁLISE DE VÍTIMA

Iniciar a análise primária, utilizando o método "DR. ABCDE", uma minemônica que pode facilitar a seqüência ordenada das ações:

D = danger (perigo): segurança de cena e do socorrista já descrita.

R = responsive (responsividade): nível de consciência (chamar a vítima por meio de estímulo tátil e verbal por pelo menos três vezes), colocando as mãos no ombro e verbalizando "ei .... você está bem?". Diante da inconsciência, deve-se aplicar o colar cervical e pedir ajuda imediatamente.

A = airway (liberação das vias aéreas): manobra de desobstrução de vias aéreas (para trauma, usar a elevação da mandíbula ou a tração do mento e, para casos clínicos, a extensão cervical); verificar se não há pequenos objetos no interior da boca da vítima.

B = breathing (respiração): diante da inexistência da seqüência ver, ouvir e sentir (observação visual, auditiva e tátil), realizar duas ventilações (ventilação de resgate), preferencialmente utilizando-se de barreira, máscara ou reanimador manual e,como último recurso a respiração boca a boca.

C = circulation (circulação): verificar presença de pulso por meio de palpação de pulso central (carotídeo no adulto e criança ou braquial no bebê); caso não haja presença de pulso, iniciar a reanimação cardiorrespiratória imediatamente, que consiste na compressão torácica (sobre o osso externo e entre a linha dos mamilos). Na proporção de trinta compressões e duas ventilações ao ritmo de cem movimentos por minuto. A cada dois minutos ou aproximadamente 4/5 ciclos, os sinais vitais devem ser checados. Caso haja disponibilidade, a utilização precoce do desfibrilador externo automático pode ser fundamental.

D = disability: distúrbios neurológicos verificados por meio de estímulo doloroso (compressão pinçada no

músculo do trapézio), abertura ocular espontânea e simetria das pupilas (tamanhos e formas). Essas observações podem trazer diagnóstico de acidente vascular cerebral (AVC), uso de drogas, traumas de crânio, etc.

E = exposition: expor, retirando vestes para diagnóstico de ferimentos e fraturas severas que possam, por meio de perda de sangue, levar a vítima ao estado de choque e à morte, ou, ainda, retirar de exposição vítimas que estejam sobre o efeito de frio intenso (hipotermia) ou calor excessivo. Lembrar que nesses casos o brigadista socorrista deve preservar a vítima de exposições desnecessárias, desde que isso não interfira no atendimento.

Essas são consideradas medidas de análise primária, que consistem na seqüência ordenada de procedimentos, levadas a efeito para evitar problemas que levem a vítima a óbito, de forma imediata, desde que não sejam tratados.

10.2.1.2. LIBERAÇÃO DE VIAS AÉREAS (POSICIONAMENTO E OVACE)

Se a vítima está consciente, a liberação por posicionamento pode ser apenas com finalidade preventiva; entretanto, se houver perda de consciência, a perda de tônus muscular pode levar a vítima à obstrução. Para tanto, manter a extensão da cabeça, ou elevação da mandíbula no caso de trauma (caso que não permite alteração da posição da porção cervical da coluna para evitar agravamento das lesões), pode ser a garantia de permeabilização das vias aéreas.

No caso de obstrução de vias aéreas por corpo estranho, aplicar a técnica de compressão abdominal, mais conhecida como manobra de Heimlich:

• Para vítimas conscientes, em pé ou sentadas: posicionar-se atrás da vítima com a mão fechada com a face do polegar encostada na parede abdominal, entre o apêndice xifóide e a cicatriz umbilical, espalmar a outra mão sobre a primeira e comprimir o abdome num movimento rápido direcionado para trás e para cima – movimento em "J" – até a vítima expelir o objeto ou até a inconsciência.

• Para vítimas inconscientes, obesos ou gestantes: deitar a vítima em uma superfície plana e rígida – decúbito dorsal horizontal – e iniciar as compressões torácicas (similar ao RCP).

10.2.1.3. RESSUSCITAÇÃO CARDIOPULMONAR (RCP)

Após constatar inconsciência e ausência de respiração, os profissionais da área da saúde (incluindo professores de educação física e bombeiros militares) devem verificar o pulso central (abaixo de um ano – braquial, acima de um ano – carotídeo). Se for constatada a parada cardiorrespiratória, a vítima deverá ficar na posição de decúbito dorsal horizontal, sobre uma superfície rígida e plana, a fim de que sejam iniciadas as trinta compressões, em ritmo de cem compressões por minuto, duas ventilações (equivale a um ciclo cada trinta compressões por duas ventilações), parando a RCP somente quando chegar a um DEA, caso a vítima recupere os sinais vitais (respiração e circulação) ou com a chegada do suporte avançado de vida (SAV).

Os ciclos de 30 x 2 são aplicados a todas as idades, alterando somente o posicionamento do socorrista (para recém-nascidos utilizar os dedos indicador e médio para as compressões, e, na ventilação, utilizar a técnica do boca/nariz; para crianças até doze anos, utilizar somente uma das mãos para a compressão).

10.2.1.4. HEMORRAGIA E ESTADO DE CHOQUE

• **Hemorragia externa:** nesses casos, o socorrista deverá expor o ferimento, executar compressão manual direta sobre o ferimento com uma compressa de gaze até parar o sangramento, fixar a compressa utilizando uma atadura de crepe ou bandagem triangular (nunca remover as compressas de gaze após a aplicação sobre o ferimento). Importante lembrar que, caso o sangramento continue, elevar o membro (nos casos de hemorragia em extremidades e na ausência de fraturas) e comprimir os pontos arteriais. O torniquete é o último recurso, devendo ser evitado, mas caso seja adotado como técnica de hemostasia, não pode ser afrouxado até que a vítima se encontre sob cuidados médicos. Sempre prevenir o estado de choque, aquecendo a vítima. Nunca oferecer líquidos. Caso a hemorragia seja no crânio, não efetuar compressão. Nas hemorragias pelo ouvido e nariz, não obstruir. Avaliar a quantidade de sangue perdido (perda hipovolêmica) e considerar sempre o tipo de piso (terra, areia) e as roupas grossas de inverno (jaquetas) que podem mascarar o sangramento em virtude da absorção.

• **Hemorragia interna:** a identificação ocorre analisando o mecanismo de trauma e na avaliação da vítima (presença de manchas, enrijecimento dos tecidos em cavidades. Prevenir o estado de choque, afrouxando as vestes e oferecendo O_2 (oxigênio) se disponível. Importante que essa vítima tenha acesso rápido para o nosocômio mais próximo.

• **Estado de choque:** o estado de choque representa a falência do mecanismo hemodinâmico, portanto os sinais e sintomas que apresenta são semelhantes aos encontrados nas hemorragias, uma vez que, ainda que sejam comuns as diversas origens para o estado de choque, como, por exemplo, o cardiênico, neurogênico, anafilático, psicogênico, etc., é na forma do choque hemorrágico ou hipovolêmico que ele mais se manifesta no pré-hospitalar. Portanto, a forma de atendimento e cuidados muito se assemelha às medidas adotadas nas hemorragias

10.2.1.5. QUEIMADURAS (FÍSICAS, QUÍMICAS E ELÉTRICAS)

• **Conduta geral:** interromper o contato da vítima com o agente lesivo, realizar a análise primária, identificar o tipo de queimadura (térmica, química ou elétrica), questionar testemunhas ou verificar indícios no local.

• **Queimaduras térmicas:**

- se a vítima estiver com fogo nas vestes, rolá-la no chão ou envolver um cobertor em seu corpo a partir do pescoço em direção aos pés.

- interromper a propagação de calor para tecidos mais profundos, resfriando a vítima com soro fisiológico ou água limpa à temperatura ambiente.

- retirar as vestes com delicadeza, sem arrancá-las, cortando-as com tesoura. Não arrancar o tecido se ele estiver aderido à queimadura, apenas resfriá-lo com soro fisiológico ou água limpa à temperatura ambiente, deixando-o no local.

- retirar das extremidades anéis, pulseiras, relógios ou jóias antes que o membro edemacie e a retirada fique impossibilitada e comprometa a circulação.

- avaliar as regiões do corpo acometidas, a profundidade da lesão (1º, 2º ou 3º grau) e sua extensão por meio da porcentagem da área corpórea atingida (regra dos nove).

- caso haja acometimento da face (queimadura de pele, cabelos ou pêlos do nariz e das pálpebras ou fuligem na região orofaríngea) ou possibilidade de que a vítima tenha inalado fumaça ou gases, dar especial atenção às vias aéreas e respiração. Cobrir os olhos da vítima com gaze umedecida em soro ou água limpa.

- proteger as áreas queimadas com compressa de hidrogel ou plástico de queimaduras estéril ou ainda com gaze umedecida e bandagens limpas.

- se a área afetada envolver mãos ou pés, separar os dedos com pequenos rolos de gaze umedecida em soro fisiológico antes de cobri-los ou utilizar a compressa de hidrogel para essa finalidade, porém não utilize de forma circular, e sim em escamas.

- prevenir a hipotermia, envolvendo a vítima com plástico estéril, prevenindo, assim, o estado de choque.

- em caso de queimadura por choque elétrico, observar atentamente a qualidade do pulso, pois nessas situações podem ocorrer arritmias cardíacas. Verificar os pontos de entrada e saída do choque elétrico.

- tratar as áreas queimadas conforme orientações para atendimento de vítimas de queimaduras.

• **Queimaduras químicas:**

- antes de manipular qualquer vítima que ainda esteja em contato com o agente agressor (no ambiente, nas vestes ou na pele), proteger-se de sua exposição (luvas, óculos e vestimenta de proteção). Se possível, identificar o agente agressor.

- retirar as vestes da vítima que estiverem impregnadas pelo produto e lavar a pele com água corrente, abundantemente.

- se o produto for seco (na forma granulado ou pó), retirá-lo manualmente sem friccionar (com pano seco ou escova). Em seguida lavar o local com água corrente abundante.

10.2.1.6. MANIPULAÇÃO E TRANSPORTE DE VÍTIMAS

Essa é uma das principais funções a ser desenvolvida pela brigada de incêndio, e deve, entre outras ações,

garantir o plano de abandono de uma edificação.

Assim, utilizar técnica adequada para a manipulação de vítimas e o transporte de feridos é fundamental. Algumas recomendações importantes devem ser observadas, como:

- estabilizar a vítima antes de iniciar qualquer transporte.
- fixar a vítima à prancha longa, se disponível, por meio de, no mínimo, três tirantes.
- fixar a cabeça da vítima para impedir movimentação lateral, principalmente quando houver mecanismo de trauma associado ao atendimento.
- prender a prancha longa à maca de rodas, se disponível, e fixá-la na ambulância ou viatura.
- estar preparado para a ocorrência de vômitos e prevenir hipotermia.
- transportar com velocidade moderada e com segurança, escolhendo o melhor trajeto até o hospital.
- manter observação contínua da vítima, incluindo sinais vitais e nível de consciência.
- se não houver recursos materiais, substituir a prancha pela presença de vários socorristas que, posicionados lado a lado e realizando movimentos em bloco, poderão transportar uma vítima com a garantia da manutenção da posição de decúbito dorsal.
- quando a vítima estiver deitada em decúbito ventral (de barriga para baixo), a sustentação da cabeça e o giro constante, ordenado e em bloco, é recomendado.
- para a acomodação da vítima na prancha longa, as manobras podem ser por meio do giro de 90 graus, e a colocação da prancha retornando a vítima na posição inicial, giro de 180 graus que consiste no giro a partir da posição de decúbito ventral, ou pegada em bloco quando houver múltiplas fraturas.

Os procedimentos descritos nessa abordagem devem ser treinados exaustivamente para evitar prejuízos à vítima ou agravamento das lesões preexistentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Programa de Brigada de Incêndio.* NBR 14.276. Rio de Janeiro: janeiro de 1999.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Bombeiro Profissional Civil.* NBR 14.608. Rio de Janeiro: outubro de 2000.

- CAMILLO JÚNIOR, Abel Batista. *Manual de prevenção e combate a incêndios*. 8ª ed. São Paulo: Editora SENAC. São Paulo: 2007.

- COMISSÃO DE ESTUDOS DA ABNT CE 24:201-03. *Apontamentos da Norma sobre o potencial de riscos de incêndios em edificações.* São Paulo.

- CORPO DE BOMBEIROS – POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO (CB-PMESP). Decreto Estadual nº 46.076/01. *Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo – Plano de Intervenção de Incêndio.* Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros. IT 16/2004. São Paulo: 2004.

- CORPO DE BOMBEIROS – POLÍCIA MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO (CB-PMESP). *Brigada de Incêndio.* Instrução Técnica do Corpo de Bombeiros. IT 17/2004. São Paulo, 2004.

- NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. Handbook, 18th edition. *Industrial Fire Brigade Training and Operations.*

- Corpo de Bombeiros da Brigada Militar do Rio Grande do Sul. Disponível em http://www.brigadamilitar.rs.gov.br/bombeiros, acesso em maio de 2007.

- Valdir Pignatta e Silva. *Método de avaliação de riscos em edificações: método de Gretener.* Disponível em http:// www.lmc.ep.usp.br/people /valdir/fire _ safety/Metodo _de_Gretener.pdf, acesso em maio 2007.

XX

PAPEL DO CORPO DE BOMBEIROS NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Cel. PM Manoel Antonio da Silva Araujo
Comandante do Corpos de Bombeiros do Estado de São Paulo

1. Histórico das legislações de prevenção de incêndio do corpo de bombeiros no Brasil

Ao longo dos tempos, as autoridades têm editado regulamentações para diminuir os riscos de incêndio nas edificações e historicamente, no Brasil, os grandes incêndios que comoveram a população e as autoridades foram fatos propulsores do desenvolvimento de legislações mais técnicas e capazes de aumentar a segurança dos edifícios. Vários Estados brasileiros após as trágicas cenas vividas pelos paulistas também deram início às suas respectivas legislações.

No contexto normativo, referente à prevenção de incêndios, o corpo de bombeiros foi a entidade mais atuante na criação de tais legislações e normas, baseando-se nos trágicos acontecimentos e na experiência adquirida no atendimento diário de ocorrências.

Com a chegada da Família Real ao Rio de Janeiro em 1808, iniciou-se o desenvolvimento e o crescimento das cidades, mas sem regulamentação específica na área de prevenção de incêndios. O primeiro incêndio registrado oficialmente foi o ocorrido na mata ao sul da Província de São Paulo (na época, a Província de São Paulo estendia-se até o município de Curitiba). Esse incêndio serviu para deter as tropas de Caxias, que se deslocavam para combater os rebeldes da Revolução Liberal, em 1842. Durante essa mesma revolução, há registro do primeiro incêndio proposital, ateado sobre a ponte do Rio Paraibuna (na região da cidade de Paraibuna), também com a finalidade de deter as tropas de Caxias.[1]

Estado de São Paulo

Devido a um incêndio ocorrido em 1851 na Rua do Rosário (atual rua XV de Novembro na cidade de São Paulo), o brigadeiro Machado de Oliveira, em 1852, apresentou um projeto de lei à Assembléia Provincial, visando à aprovação de um Código de Prevenção e Extinção de Incêndios[2], bem como, definindo a participação da população no auxílio à polícia, em casos de incêndios.

Em 2 de Julho de 1856 surgiu o Corpo de Bombeiros da Corte na cidade do Rio de Janeiro, atual Corpo de Bombeiros do Estado do Rio de Janeiro.

No ano de 1867, o Corpo Policial Permanente da Província de São Paulo ficou encarregado das missões de combate a incêndios. O Corpo Policial Permanente é a organização que veio a se denominar Força Pública e, atualmente, Polícia Militar do Estado de São Paulo.

Após a ocorrência de um incêndio, em 15 de fevereiro de 1880, que destruiu a biblioteca e o arquivo da

[1] GILL, Afonso Antônio, NEGRISOLO, Walter. *Cem Anos de Coragem (e de Lutas).* Revista Incêndio. São Paulo, Março/Abril, 1980, p. 26.
[2] GILL, Afonso Antônio, NEGRISOLO, Walter. *Cem Anos de Coragem...*, p. 26.

Faculdade de Direito de São Paulo, que funcionava no então Convento de São Francisco, o deputado Ferreira Braga propôs a criação da Seção de Bombeiros da Capital. A Lei nº 6 foi votada, aprovada e publicada em 10 de março de 1880. Foi então criado o Corpo de Bombeiros do Município de São Paulo.[3] Em 1881 foi inaugurado o serviço de águas da capital, sendo implantadas diversas válvulas pela cidade, constituindo-se, assim, um dos requisitos básicos para o funcionamento dos serviços de bombeiros.

A prevenção de incêndio vem sendo exigida desde a época do império, como relatam GILL e NEGRISOLO[4].

Em 1886 ocorreram dois fatos importantes para análise da evolução dos serviços de bombeiros. O primeiro é a publicação, em 6 de outubro, do novo Código de Posturas, e continua... O código estabelecia ainda disposições obrigando a presença dos aguadeiros, com suas pipas, nos locais de incêndio, além de obrigar a franquia de poços para tais fins. Possuía ainda disposições de caráter preventivo, como a obrigação de limpeza das chaminés, etc.

A prevenção de incêndio sempre foi preocupação para as autoridades do passado conforme se observa no Decreto n.º 1714[5], de 18 de março de 1908, que propiciava regulamentação para os locais de diversão pública.

Nesse decreto constam algumas medidas de prevenção de incêndio, controle e previsão de meios de fuga, tais como:

Artigo 19 - *Nas portas, nos corredores e nas paragens indicadas pela auctoridade (sic) policial serão collocadas (sic) luzes de segurança, que sirvam de guia ao público em caso de extincção (sic) geral da illuminação (sic).*

Artigo 21 - *É proibida a venda ou distribuição de bilhetes de entradas que excedam a lotação do theatro (sic) ou da casa de divertimento público.*

Artigo 57 - *Para cada um dos theatros (sic) ou casas de divertimento público existentes na Capital, será escalada, diariamente, pelo corpo de bombeiros, uma guarnição para o serviço de extinção de incêndios.*

As legislações de prevenção de incêndio, por algum tempo, foi um dos aspectos preteridos pelos comandantes de bombeiros de São Paulo, como observam ainda GILL e NEGRISOLO, no relatório do tenente coronel Affonso Luiz Cianciulli de 1931.

Cianciulli, com quarenta anos de antecipação, já lutava e defendia este aspecto fundamental da proteção contra incêndio que é a legislação, apresentando no seu relatório o que poderia ser o embrião de uma legislação completa e eficaz. O projeto n.º 71, de autoria do vereador dr. Diógenes de Lima, apresentado à Câmara Municipal em 7 de dezembro de 1929, contendo todas as exigências que o Corpo de Bombeiros julgava como mínimo indispensável à época, é o que segue:

A Câmara Municipal de São Paulo decreta:

Art. 1º - *Os edifícios de 4 ou mais pavimentos das construções iniciadas, ou ainda não terminadas na data da promulgação desta lei, deverão ter os pisos dos andares, bem como as escadas de acesso construídas de material resistentes ao fogo.*

§ único - *Os prédios já construídos deverão tanto quanto possível satisfazer as exigências da presente lei.*

Art. 2º - *Fica igualmente obrigado a colocação pelo lado exterior da fachada e nos fundos, de escadas metálicas necessárias à salvação aos moradores e acesso aos bombeiros.*

Art. 3º - *Tais prédios deverão ter por cima do último andar reservatório de água de capacidade suficiente para abastecer as mangueiras, as quais deverão ser colocadas nos registros dos respectivos andares.*

Art. 4º - *A água dos reservatórios será levada por meio de canos metálicos, embutidos na parede, e de bombas possantes instaladas no porão dos prédios, onde haverá outro tanque sempre cheio para o caso de não ser possível dar-se aspiração de água, diretamente da rede de abastecimento da rua.*

Art. 5º - *O material de prevenção instalado nos referidos prédios poderá, em caso de sinistro, ser usado pelos bombeiros.*

Art. 6º - *A fiscalização e inspeção desse material, bem como das instalações industriais ficará a cargo de uma comissão para esse fim designada.*

---

[3] LEPRI, Janaína. FERRO, Francisco. DRUMOND, Cosme Degenar. Revista Tecnologia e Defesa, São Paulo, n. 15, 1997, p.10.

[4] GILL, A. A; NEGRISOLO, W. *Cem Anos de Coragem (e de Lutas).* INCÊNDIO. São Paulo: março/abril1980, ano 2, p. 22-69.

[5] DECRETO Nº 1714, de 18 de março de 1909. *Dá regulamento para os divertimentos públicos.* Collecção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1909. São Paulo: Typografia do Diário Official. 1910. Tomo XIX. p.67;

[6] GILL, A. A; NEGRISOLO, W. *Cem Anos de Coragem (e de Lutas).* INCÊNDIO. São Paulo: março/abril1980, ano 2, p. 54.

§ único - *dessa comissão deverão fazer parte um engenheiro designado pela Prefeitura, um oficial de Bombeiros, designado pelo Comandante daquela Corporação e por um funcionário do Gabinete de Técnica Policial, designado pelo Chefe de Polícia.*

Em 1936 o engenheiro Francisco Sales de Oliveira da Prefeitura da Cidade de São Paulo, em conferência na Escola de Polícia, discursa sobre a permanência do corpo de bombeiros nos municípios, conforme relatam GILL e NEGRISOLO[7]:

O Corpo de Bombeiros, cuja principal finalidade é a defesa da propriedade física, de onde se afere a necessidade de uma cooperação com o serviço de fiscalização de obras. E como esse serviço compete à municipalidade, é natural que seja de sua alçada o respectivo controle, razão pela qual o IDORT em seu relatório final indicou a necessidade de sua passagem do Estado para o Município ... "deve haver um escritório central, assim como o Departamento de Prevenção Contra Incêndios, departamento esse de importância capital, visto como seus serviços se referem à inspeção, investigação, análise, estatística e educação"...

"Para combater os fazedores de incêndio, o Departamento, por meio de uma seção especializada, estuda e controla todos os incêndios verificados e, uma vez constatado ser o mesmo doloso, além das normas legais a que estiver sujeito, o autor pagará o custo da extinção do incêndio. Será responsabilizado o morador no caso de negligência ou violação dos regulamentos. Como medida de economia serão cobrados os serviços de chamada para fora do perímetro urbano, assim como, fixadas taxas para os proprietários de estabelecimentos de maior risco, as quais serão utilizadas para a despesa do Corpo. Também para auxílio do Corpo de Bombeiros, os serviços de plantão em teatros, cinemas, casas de diversão, etc., deverão ser pagos pelos respectivos proprietários. Ao Departamento de Obras cabe cooperar com o Corpo de Bombeiros no preparo dos regulamentos para a construção de prédios, fábricas, cinemas, casas de diversão etc., exigindo material à prova de fogo, saídas de emergência, assim como escadas de fuga dos prédios de determinado número de andares.

Em colaboração com o departamento de prevenção contra incêndio e de acordo com o código Underwriters, o departamento de obras estabelecerá regulamentos para a inspeção de fábrica, oficinas, casas de diversão etc., abrangendo ventilação, fumaça, inflamáveis, escoamento de resíduos e substâncias químicas..."

O relatório continua dando orientações de procedimentos e normas para atuação do Departamento de Prevenção de Incêndio e do Corpo de Bombeiros e conclui que todas foram entregues ao Governador do Estado em caráter de Sugestão.

O corpo de bombeiros volta a incorporar a Força Pública por meio da lei nº 12.878/42, após permanecer 6 anos sob responsabilidade do município.

Em 3 de maio de 1943, por meio do Decreto-lei nº 13.346[8], o corpo de bombeiros se reestrutura, ampliando sua competência para o Estado de São Paulo.

Nesse mesmo Decreto-lei[9], surge a Seção Técnica, responsável pela vistoria e levantamentos:

Artigo 1º - *O Corpo de Bombeiros, incorporado à Força Policial, do Estado pelo Decreto-lei n.º 12.878, de 17 de agosto de 1942, compreende:*

a) um Comando do C.B. subordinado ao Comando Geral, nas mesmas condições das unidades administrativas da Força Policial; (...)

Artigo 5º - *Como órgãos técnicos e auxiliares o Corpo de Bombeiros disporá dos seguintes elementos, localizados na Estação Central:*

I) Secção (sic) de Instrução e Ensino Profissional, subordinada diretamente à Assistência do Pessoal.(...)

IV) Secção (sic) Técnica compreendendo:

a) vistorias e levantamentos.

b) desenhos.

c) fotografia.

Em 1955, o município de São Paulo, por meio da Lei nº 4615, de 13 de janeiro, incorporou ao Código de

[7] GILL, A. A; NEGRISOLO, W. *Cem Anos de Coragem (e de Lutas).* INCÊNDIO. São Paulo: março/abril1980, ano 2, p. 54.

[8] DECRETO-LEI N.º 13.346, de 3 de maio de 1943. *Dispõe sobre a organização do Corpo de Bombeiros*. Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1943. São Paulo: IMESP. 1948. Tomo LIII. p.70.

[9] Ibid. p. 70-71

Obras "Arthur Saboya", exigências de proteção e a devida instalação de equipamentos contra incêndio, conforme citado nas Especificações de 1962[10] para alguns tipos de ocupações, tais como: hotéis, escolas, hospitais, mercados particulares, casas de reunião, fábricas e oficinas, garagens coletivas, depósitos de carbureto de cálcio, armazéns de algodão e fábricas de explosivo.

Em 12 de junho de 1958, por meio do Decreto nº 32.781[11], a Diretoria de Incêndios e Salvamentos passa a denominar-se Diretoria de Bombeiros.

Nessa época, o Governo do Estado aprovou o Decreto nº 35.332[12], de 11 de agosto de 1959, no qual eram feitas as seguintes exigências:

§ 2º - *Além das exigências expressas no parágrafo anterior é necessário que a parte interessada apresente "visto" de aprovação do Corpo de Bombeiros da Capital, referente às instalações prediais contra incêndios para os casos seguintes:*

a) Edifícios com mais de três pavimentos acima do nível da rua.

b) Edifícios com mais de 750 m² de área construída.

c) Quaisquer edifícios destinados às seguintes atividades:

1) Fabricação de explosivos, inflamáveis ou combustíveis com a temperatura de combustão espontânea (ignição) inferior a 500°C, ou em que se utilizem esses materiais na fabricação ou processo industrial.

2) Comércio ou armazenamento de explosivos, inflamáveis ou combustíveis com temperatura de combustão espontânea (ignição) inferior a 500°C.

3) Garagens coletivas, oficinas em geral, desde que a área construída seja superior a 200m².

4) Postos de serviço de automóveis.

5) Prédios de reunião pública tais como cinemas, teatros, salões de bailes, auditórios e outros de ocupação semelhante para mais de cem pessoas.

Em apoio a essa legislação, surgiram as primeiras especificações para instalações de prevenção e combate a incêndios exigidas pelo Corpo de Bombeiros da Capital de São Paulo[13], de dezembro de 1961, baixadas pelo Departamento Técnico e que previam características inerentes à construção, como portas corta-fogo, piso e tetos incombustíveis, paredes corta-fogo, saídas de emergência, escadas de emergência e afastamentos. Desde àquela época previam as instalações automáticas, como, os chuveiros (sprinklers), instalações de dióxido de carbono, sistemas de detecção e alarme de incêndio, instalações de espuma e outros. As sinalizações e indicações específicas para facilitar o corpo de bombeiros nos trabalhos de salvamento e combate ao fogo, bem como, os extintores e o sistema de proteção por hidrantes.

O atendimento das especificações gerava um Certificado de Vistoria, com a finalidade abaixo descrita:

1-3. No ato da ligação de água definitiva nas edificações, o Corpo de Bombeiros expedirá certificado, após a necessária vistoria a fim de ser autorizada pelo D.A.E. a referida ligação.

b. Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndios exigidas pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo, de dezembro de 1962[14], baixadas pelo Departamento Técnico.

Nas especificações acima citadas, são ampliadas as leis que exigem proteção contra incêndio, surgindo a Portaria do Conselho Nacional de Petróleo nº 32, de 22 de maio de 1957, que regulava a localização, construção, segurança das instalações de armazenamento de petróleo e seus derivados de conformidade com o Decreto-lei nº 396 de 24 de abril de 1938, da União, a qual previa a apresentação de planta de proteção contra incêndio com o respectivo sistema de alarme e instalações destinadas ao sistema de proteção contra incêndio. Ainda surgiu a Portaria nº 31, de 6 de abril de 1964, do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, a qual preconizava que todos os estabelecimentos deveriam estar providos de saídas suficientes para a rápida retirada do pessoal em serviço em

[11] MALVÁSIO, S. *História da Força Pública.* São Paulo: Serviço de Intendência da Força Pública, 1967, p.52

[12] DECRETO N.º 35.332, de 11 de agosto de 1959. *Aprova Regulamento para execução das instalações prediais de águas e esgotos, sanitários, na Capital.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1959. São Paulo: IMESP. 1961. Tomo LXIX. p.325;

[13] DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para instalações de prevenção e combate a incêndio exigidas pelo Corpo de Bombeiros da Capital.* São Paulo: Força Pública do Estado de São Paulo. Dezembro de 1961, p.5-6.

[14] Ibid. p.3-6.

caso de incêndio, bem como, determinava a existência de equipamentos suficientes para combater o fogo em seu início por pessoas treinadas do próprio local de trabalho.

As especificações de 1962 ampliaram os tipos de proteção contra incêndio e as exigências previstas nas edificações:

CAPÍTULO III - DOS TIPOS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS

3.1. Características inerentes à construção e meios que retardam a propagação do fogo.
3.1.1. Paredes e porta contra-fogo
3.1.2. Pisos, tetos e paredes incombustíveis ou resistentes à combustão
3.1.3. Vidros entelados em portas e janelas
3.1.4. Afastamentos
3.1.5. Instalações elétricas à prova de explosão
3.2. Meios de evacuação
3.2.1. Escadas e saídas de emergência
3.3. Meios de combate a incêndios
3.3.1. Instalações fixas automáticas
3.3.1.1. Chuveiros (sprinklers)
3.3.1.2. Gás carbônico, pó químico ou espuma
3.3.1.3. Outros sistemas
3.3.2. Instalações fixas sob comando
3.3.2.1. Chuveiros
3.3.2.2. Gás carbônico, pó químico seco ou espuma
3.3.2.3. Hidrantes
3.3.2.4. Outros sistemas
3.3.3. Extintores manuais e extintores sobre rodas.
3.4. Meios de detecção e alarme de incêndios automáticos e sob comando
3.5. Sinalização e indicações específicas que facilitem as operações de Salvamento e Combate a Incêndios.

Verificando ainda as especificações de 1962, o seu cumprimento visava à obtenção do certificado de vistoria final para:

1.3. Antes da ligação definitiva de água às edificações, o Corpo de Bombeiros mediante requerimento de vistoria do interessado (modelo anexo 5) processará a vistoria às instalações de proteção a incêndios, a fim de ser autorizada pelo D.A.E., a referida ligação.

1.3.1. Será fornecido ao interessado certificado de vistoria final, em 3 vias, sendo que uma delas se destinará ao D.A.E. e outra à consecução do Habite-se junto à Prefeitura.

*1.3.2. Caso o processo esteja sujeito à autoridade do Conselho Nacional do Petróleo (C.N.P.) deverá ser encaminhado ao mesmo o certificado de vistoria fina*l.

Em 1963, foi aprovado o Regulamento de Bombeiro por meio do Decreto nº 42.141[15], no qual a Diretoria de Bombeiros passou a denominar-se Inspetoria de Bombeiros.

Esse regulamento previa as seguintes atribuições e competências:

Artigo 1º - *Compete à Força Pública dentro do território do Estado, mediante convênio com os municípios que o desejarem, planejar, coordenar, controlar, orientar e executar todas as atividades compreendidas como "Serviço de Bombeiros".*

Esses serviços compreendem:

[15] DECRETO Nº 42.141, de 2 de julho de 1963. *Aprova o Regulamento para os Serviços de Bombeiros e dá outras providências.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1963. São Paulo: IMESP. 19564. Tomo LXVII. p.502.

a) prevenção contra incêndios e sinistros em geral. ...

b) elaborar e fiscalizar todos os planos de prevenção e segurança contra incêndios a cargo do Corpo de Bombeiros.

c) providenciar vistorias quanto às condições da segurança contra incêndio, em instalações de prédios e logradouros públicos ou acessíveis ao público, de competência do corpo de bombeiros.

As especificações que se seguiram pouco alteraram as especificações de 1962, como se observam nos textos seguintes:

1 - Especificações para Instalações de Prevenção de Combate a Incêndios, exigidas pelo Corpo de Bombeiros da Força Pública do Estado de São Paulo, de julho de 1963[16]*;*

2 - Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndios, exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P., de 1974[17]*.*

3 - Especificações para Instalações de Prevenção e combate a Incêndios exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P., de 1975[18]*.*

As especificações seguintes foram as de 1980[19], denominadas "Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio", que deixam de citar e fazer referências às legislações Estaduais e Municipais que exigem a apresentação do visto do corpo de bombeiros.

Outra mudança ocorreu em seu formato e conteúdo, passando a conter exigências quanto à proteção de parques de tanques.

As últimas Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndios a serem aprovadas por meio de ato normativo do Comando da Corporação foram as de 1981, que pouco alteraram as anteriores[20].

Em 1983 o Corpo de Bombeiros de São Paulo conseguiu as suas primeiras Especificações para Proteção e Combate a Incêndios anexas a uma legislação, o Decreto Estadual nº 20.811[21], havendo uma grande mudança e inovação no rigor das exigências de proteção contra incêndio aos edifícios.

Até 1983, as exigências do corpo de bombeiros foram elaboradas por meio de especificações estabelecidas administrativamente pelo comandante-geral da Polícia Militar do Estado de São Paulo, baseadas em leis de outros órgãos.

Essas especificações aumentaram o número de exigências de proteção contra incêndio aos edifícios, estabelecendo características de construção que retardam a propagação do fogo e auxiliam a evacuação de uma edificação (paredes; portas corta-fogo; abas de segurança; incombustibilidade de pisos, tetos e paredes; vidros resistentes ao fogo; afastamentos entre edificações; compartimentação de áreas e isolamento vertical). Fixava e detalhava as condições dos meios de fuga, como, escada de segurança, iluminação de emergência e elevador de segurança, bem como, os meios de combate aos incêndios, tais como: extintores manuais; extintores sobre rodas (carretas); instalações fixas, semifixas, portáteis, automáticas e ou sob comando; chuveiros automáticos (sprinklers); gás carbônico; pó químico seco; espuma; halon; hidrantes; nebulizadores e canhões monitores.

Com as inovações tecnológicas que ocorreram, houve a necessidade de se adequar a nova legislação e regulamentar a interpretação das exigências, surgindo a Nota de Instrução Técnica nº DAT 002/03/83[22].

Em 1985, devido à necessidade de uma regulamentação que abordasse os casos omissos e duvidosos ao Decreto Estadual nº 20.881/83, foi aprovada a NIT N.º CCB-001-03/85[23], que implantou o Glossário de Pareceres Técnicos, que consistia de uma publicação interna contendo adaptações e interpretações das exigências do Decreto Estadual nº 20.811/83, sendo emitidos 28 Pareceres Técnicos.

---

16 DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo.* São Paulo: Serviço Gráfico da Secretaria da Segurança Pública.1962.

17 DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P.* Campinas. Palmeiras. 1974.

18 5º SEÇÃO DO ESTADO MAIOR. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P.* São Paulo: PMESP.1975.

19 DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio.* São Paulo: Empresa jornalística o Jacareiense.1980.

20 DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio.* São Paulo: CIAD-CB.1981.

21 DECRETO ESTADUAL N.º 20811, de 11 de março de 1983. *Aprova especificações para instalações de proteção contra incêndios, para o fim que especifica*. São Paulo: DOE, 15/03/1983;

22 NOTA DE INSTRUÇÃO TÉCNICA N.º DAT-002/03/83. *Regulamentação e interpretação do Decreto Estadual 20811-83.* São Paulo: Corpo de Bombeiros, dezembro de 1983.

23 NOTA DE INSTRUÇÃO TÉCNICA N.º CCB-001-03/85. *Estabelece normas para a implantação do glossário de Pareceres Técnicos.* São Paulo: Corpo de Bombeiros, maio de 1995.

Outras formas de adaptação e interpretação surgiram, porém não-oficiais como a "Interpretação Formal" de 1991[24], que dava entendimento à aplicação dos itens do Decreto Estadual nº 20.811/83.

Em 5 de agosto de 1993, o corpo de bombeiros de São Paulo publicou no "Diário Oficial do Estado" a Portaria do Comandante de 2 de julho de 1993[25], que criou o sistema de Atividades Técnicas e definiu as atribuições de todos os órgãos do Corpo de Bombeiros do Estado de São Paulo que atuavam na área de prevenção de incêndios, bem como, estabeleceu competências e prazos, criou a capacitação do pessoal que atuava nas seções (por meio de credenciamentos) e fixou procedimentos para os recursos e Comissões Técnicas.

Nessa mesma edição do "Diário Oficial" foram publicados os primeiros Despachos Normativos[26] que eram semelhantes aos Pareceres Técnicos, porém, com divulgação e publicidade geral, sendo publicados 21 Despachos Normativos.

Em 15 de dezembro de 1993 foi aprovado o Decreto Estadual nº 38.069[27] que possuía em anexo as atuais Especificações para Instalação de Proteção contra Incêndio.

Nessa mesma data, o deputado estadual Adilson Monteiro Alves apresentou à Assembléia Legislativa de São Paulo o projeto de Lei Complementar n.º 68, que instituía o Código Estadual de Proteção Contra Incêndio e Emergências, o qual não foi aprovado.

Outros fatos importantes que ocorreram foram o protocolo de intenções[28], firmado entre o Corpo de Bombeiros e o CREA de São Paulo em 1995 e a mudança do Atestado de Vistoria para Auto de Vistoria, decorrente da publicação da Instrução Técnica nº CB-001-33-96[29].

Diante do histórico exposto pode-se observar que desde 1909 o Corpo de Bombeiros de São Paulo atua na área de prevenção de incêndio, sendo que sua participação se intensificou após o período em que o corpo de bombeiros pertenceu ao Município de São Paulo (1942), quando surgiu a primeira Seção Técnica responsável pela Vistoria.

O período de 1983 até 1993 caracterizou-se pela adaptação das novas exigências e dos mecanismos para que as alterações e interpretações se tornassem públicas.

Em 1993 foram publicadas outras Especificações para Instalações de Proteção Contra Incêndio, também anexas a um Decreto Estadual.

A Instrução Técnica nº CB – 001-33-96[30] estabeleceu a alteração do nome de Atestado de Vistoria do Corpo de Bombeiros para Auto de Vistoria Corpo de Bombeiros, a fim de adequar a natureza jurídica do documento, bem como passou a ser fornecido em duas vias.

Em 31 de agosto de 2001, foi aprovado o Decreto Estadual nº 46076, o qual instituiu o atual Regulamento de Segurança Contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco do Estado de São Paulo, dispondo sobre as medidas de segurança contra incêndio nas edificações e áreas de risco, com diversas inovações.

Posteriormente, em 22 de dezembro de 2001, foram aprovadas as Instruções Técnicas que estabeleceram os critérios técnicos e administrativos para aplicação das medidas de segurança nas edificações e áreas de risco, entrando em vigor a partir de 22 de abril de 2002.

Em 2004, as instruções técnicas foram revisadas e reavaliadas para uma melhor adequação e aplicação das medidas de segurança contra incêndio.

Em 2006, se iniciaram alguns trabalhos complementares de temas importantes e que necessitavam de regulamentação, os quais estão em desenvolvimento de novas instruções técnicas sobre armazenamento em silos, hangares, edificações existentes, estabelecimentos prisionais, prédios históricos e tombados, hospitais, supressão de explosões, descargas atmosféricas e instalações elétricas.

Estado do Rio de Janeiro

No Estado do Rio de Janeiro, a primeira tentativa de se fazer prevenção contra incêndios ocorreu no início

---

[24] INTERPRETAÇÃO FORMAL. *Especificações para instalações de proteção contra incêndios.* São Paulo: CCB. 1991.

[25] PORTARIA DO COMANDANTE, de 2-7-93.*Dispõe sobre o funcionamento do Sistema de Atividades Técnicas.* São Paulo: DOE, n.º 103(146), 05/08/1993.

[26] DESPACHO NORMATIVO CB-1-33-93. *Dispõe sobre a abrangência das medidas de proteção contra incêndios nas edificações.* São Paulo: DOE, n.º 103(146), 05/08/1993.

[27] DECRETO ESTADUAL N.º 38069, de 15 de dezembro de 1993. *Aprova especificações para instalações de proteção contra incêndios e dá providências correlatas.* São Paulo: DOE, n. 103(233), 15/12/1993;

[28] PROTOCOLO DE INTENÇÕES. *Dispõe sobre protocolo de intenções entre Corpo de Bombeiros e CREA, visando o aprimoramento da fiscalização do exercício profissional nas áreas de engenharia, arquitetura e agronomia.* São Paulo: 01/12/1995.

[29] INSTRUÇÃO TÉCNICA Nº CB-001/33/96. *Dispõe sobre o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros.* São Paulo: DOE, n. 106 (204), 20/12/1996.

[30] SÃO PAULO [Estado]. Decreto Estadual n. 46076/01 de 31/08/2001. *Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco.* São Paulo: IMESP, n. 166, 01/09/01.

da década de 20, no comando do cel João Lopes de Oliveira Lyrio, que enviou ao Ministério da Justiça um relatório fazendo uma exposição sobre a necessidade da prevenção nos grandes edifícios. Nessa oportunidade, foram também endereçadas cópias do relatório a diversas autoridades. Sendo assim que no novo regulamento de construção dar-se-ia grande atenção aos assuntos atinentes à segurança contra incêndio.

Em 4 de agosto de 1923 foi implantado o embrião da Diretoria de Serviços Técnicos e, com o passar dos anos, sua atividade ampliou, necessitando a criação de uma estrutura organizacional que foi constituída de 05 (cinco) seções, DST/1 - Estudos e Projetos, DST/2 - Perícias e Testes, DST/3 - Vistorias e Pareceres, DST/4 - Seção de Hidrante, DST/5 - Seção de Expediente que vigorou até 1993, quando foi implantada uma nova estrutura.

Foi em 25 de maio de 1926 que surgiram os primeiros frutos, sendo que o primeiro edifício a possuir o esquema de segurança foi o da Rua Buenos Aires Nº 23.

No dia 1º de julho de 1937 foi sancionado o Decreto nº 6.000 que exigia a canalização preventiva em edifícios de quatro ou mais pavimentos.

A Lei nº 374, de 16 de outubro de 1963, determinou condições obrigatórias para construção de edifícios, estabelecendo normas e dando poderes ao CBERJ para fiscalização preventiva contra incêndios, sendo basicamente exigida a escada enclausurada protegida.

A partir de 1975, com a área de atuação ampliada vertiginosamente, o CBERJ teve de dividir seu efetivo, viaturas e equipamentos com o interior do Estado para ajudar na proteção às comunidades, sendo então criado o COSCIP (Código de Segurança contra Incêndio e Pânico), elaborado pelos oficiais da corporação e implementado pelo Decreto nº 897, de 21 de setembro de 1976.

Com esse código, a corporação pôde ter uma atuação incisiva na área de prevenção estrutural, tornando obrigatório o cumprimento das normas técnicas contidas no instrumento.

O COSCIP determinava que todas as edificações e instalações contassem com sistemas preventivos de incêndios e disposições contra a disseminação do pânico [31].

Tal código (COSCIP) vem trazendo muitos frutos para a corporação na área de prevenção contra incêndio e pânico, surgindo a partir dele diversas leis, decretos e resoluções que inovaram e implementaram a segurança contra os incêndios, inicialmente nos locais de reunião de público, com orientações sobre as saídas de emergência, sobre meios preventivos para combate a princípios de incêndio e procedimentos em caso de pânico.

Em 1991, o Decreto nº 16.695, de 12 de julho, transferiu as atividades de controle e fiscalização das casas de diversões à Secretaria de Estado da Defesa Civil, passando a condição de Divisão de Diversões Públicas com implantação da nova estrutura da DST.

Um avanço foi a Resolução nº 124, de 17 junho de 1993, a qual definiu um padrão dos sistemas de bombas de incêndio das edificações e da Reserva Técnica de Incêndio para ocupação industrial de risco médio, e determinou critérios para aplicação de Notificações e Autos de Infração.

A Resolução nº 125, de 29 de junho de 1993, fixou critérios e parâmetros a serem observados na avaliação dos riscos de propagação do incêndio em edificações distintas de uma mesma propriedade.

Em janeiro de 1996 foi padronizado um documento chamado "Memória para Vistoria em Clubes", para ser utilizado somente no período dos festejos carnavalescos, sendo criado, ainda naquele ano, o Centro de Pesquisas, Perícias e Testes (CPPT), subordinado à Diretoria Geral de Serviços Técnicos, determinando que os oficiais comandantes de socorros, no caso de incêndios e outras ocorrências que provoquem destruição total ou parcial dos estabelecimentos de reunião de público, que na inspeção final das ações de socorro interditem o local.

A partir do mês de abril, do ano de 1998, começaram a ser utilizados pelas OBM que possuem Seção de Serviço Técnico, os novos formulários com critérios de segurança, confeccionados pela Casa da Moeda do Brasil.

Em julho de 2002, por intermédio da Nota DGST nº 075/2002, a DGST tornou ostensivas as redações dos ofícios encaminhados à Procuradoria Geral do Estado do Rio de Janeiro com a finalidade de obter para o Sistema de Segurança Contra Incêndio e Pânico o imprescindível embasamento jurídico para o procedimento de interdição de edificações e estabelecimentos localizados no território fluminense e em condição de irregularidade junto ao CBMERJ.

Estado do Rio Grande do Sul

No Estado do Rio Grande do Sul, a criação do corpo de bombeiros se deu com o Decreto Estadual nº 5.985, de

[31] Fonte: http://www.cbmerj.rj.gov.br e Decreto 897, de 21 setembro de 1976 - Código de Segurança Contra Incêndio - COSCIP.

27 de junho de 1935, quando se incorporou o então Corpo de Bombeiros da Capital, de origem privada, à Brigada Militar.

Consta em registro que em 1901 foi realizada a primeira atividade de prevenção de incêndios, em decorrência da Exposição Estadual, onde o dr. José Montaury solicitou um destacamento de nove praças e material do corpo de bombeiros, que permaneceram cinco meses no local ininterruptamente.

Um grande incêndio da doca no porto de Porto Alegre, ocorrido em março de 1924, que culminou na adoção de medidas preventivas, tais como, a rigorosa fiscalização das instalações elétricas dessas áreas de risco e a implantação efetiva de serviços de proteção e vigilância no cais.

A atividade de prevenção de incêndios foi referenciada pela 1ª vez na Constituição do Estado do Rio Grande do Sul, promulgada em 08 de julho de 1947, na qual encontramos no Título IX - Da Brigada Militar, as primeiras referências em seu Artigo 223.

Artigo 223 - *No interesse do Estado é permitido atribuir à Brigada o policiamento civil, a prevenção de incêndio e combate ao fogo, e outros encargos condignos estabelecidos em lei (grifo nosso).*

Logo após esta previsão constitucional, surge em 1949 a edição da Lei Estadual nº 874, de 26 de dezembro de 1949, do então Governador Walter Jobim, atribuindo a prevenção de incêndios à BM:

Artigo 1º - *Fica o Poder Executivo autorizado a estabelecer convênios com os Municípios para encampação ou organização do serviço de prevenção de incêndios e combate ao fogo [...](grifo nosso).*

Artigo 2º - *Esse serviço será atribuído à Brigada Militar e por ela organizado.*

Artigo 3º - *Os Municípios que já mantêm organização de bombeiros têm o prazo de 60 (sessenta) dias da data desta lei para se pronunciarem sobre a encampação do referido serviço pelo Estado, na forma prevista no Artigo 1º.*

Posteriormente, o Decreto Estadual nº 12.280, de 21 de abril de 1961, referenciou novamente a matéria em seu Artigo 2º:

Artigo 2º - *Em face dos dispositivos constitucionais, no que concerne à ordem e à segurança do Estado, compete à Brigada Militar:*

1 - ...

2 - ...

3 - Exercer as funções de combate ao fogo e prevenção de incêndios mediante convênios entre o Governo do Estado e os Municípios, e socorros públicos. (grifo nosso).

Também na Constituição Estadual do Estado do Rio Grande do Sul, promulgada em 14 de maio de 1967, encontramos na Seção VII - Da Brigada Militar, referências sobre a execução da prevenção de incêndios em seu Artigo 93, repetindo o assunto já citado na constituição anterior:

Artigo 93 - *No interesse do Estado, é permitido atribuir à Brigada o policiamento civil, a prevenção de incêndios e o combate ao fogo, e outros encargos condignos estabelecidos em lei. (grifo nosso).*

Esse embasamento foi praticamente repetido na Constituição Estadual do Estado do Rio Grande do Sul de 27 de janeiro de 1970, no Parágrafo Único do Artigo 117, da Seção VIII - Da Brigada Militar:

Artigo 117 - *À Brigada Militar compete executar, com exclusividade, ressalvadas as missões peculiares das Forças Armadas, o policiamento ostensivo fardado [...]*

Parágrafo Único: *No interesse do Estado, serão atribuídos também à Brigada Militar, a prevenção de incêndios, o combate ao fogo e outros encargos condignos, estabelecidos em lei. (grifo nosso).*

Com exclusividade, a atividade de prevenção de incêndios foi destinada ao CB/BM com o advento do Decreto Estadual nº 19.676, de 30 de maio de 1969, consignando em seu Artigo 13:

Artigo 13 - *À Brigada Militar incumbe, nos termos da legislação vigente:*
I - ...
II - ...
III - ...
IV - ...
V - exercer a prevenção e extinção de incêndios, a prestação de socorros e de salvamento, bem como a proteção e a defesa da população nos casos de calamidade pública. (grifo nosso).

Em 25 de agosto de 1970, foi editada a Lei Estadual nº 6.019, que está em vigor até a presente data, cuja matéria "prevenção de incêndios" é estabelecida mediante a celebração de convênio entre o Estado e o Município interessado em contar com esse tipo de serviço, da seguinte forma:

Artigo 1º - *É o Poder Executivo autorizado a firmar e renovar convênios com os Municípios para execução por parte de Unidades (ou frações) de Bombeiros da Brigada Militar, dos Serviços de Prevenção de Incêndios, Combate ao Fogo e Socorros Públicos de emergência, nos termos da minuta anexa, que fica fazendo parte integrante desta Lei. (grifo nosso).*

Em 1974, o Decreto Estadual n° 23.245, de 13 de agosto de 1974, trazia em seu Artigo 2°, Item V, e o Artigo 36, a ratificação da atribuição exclusiva da BM para executar a missão de prevenção de incêndios.

A preocupação das autoridades e estudiosos do assunto "Prevenção Contra Incêndios"[32] passou a ter maior relevância a partir das tragédias ocorridas, nas décadas de 70 e 80, em São Paulo, com os incêndios dos edifícios Andraus (1972) e Joelma (1974), no Rio de Janeiro, com o Andorinhas (1986), e em Porto Alegre, com as Lojas Americanas (1973), e Renner (1976), nas quais um grande número de pessoas tiveram suas vidas ceifadas.

Em 28 de abril de 1976, com o incêndio das Lojas Renner, a Câmara de Vereadores reavalia os projetos arquivados que são votados e aprovados rapidamente, resultando nas Leis Complementares nº 20/76, 28/76, 30/76 e 32/77, quando era prefeito Guilherme Socias Villela, as quais especificavam algumas normas de prevenção e proteção contra incêndios.

Ressalta-se que no nível federal, o corpo de bombeiros militares somente foi referenciado nas Constituições de 1967, 1969 e 1988, porém sem prever ou referenciar a missão da prevenção de incêndios, o que já ocorrera em texto constitucional do Estado do Rio Grande do Sul desde 1947 até a presente data.

Estado do Paraná

Em 1912, foi criado o Corpo de Bombeiros do Paraná e, na época, o presidente da Província, Carlos Cavalcanti de Albuquerque, apresentou ao Congresso Legislativo do Paraná um pedido de crédito necessário à criação de um corpo de bombeiros na capital. Organizou-se, assim, pela sanção da Lei nº 1.133, de 23 de maio de 1912, a tão esperada organização.

Com a Lei n° 699 16/07/53 – Código de Posturas e Obras do Município de Curitiba, a qual previa em vários artigos a intervenção do corpo de bombeiros quando da concessão do Habite-se e alvará de funcionamento, bem como os projetos teriam que ser visitados pela seção técnica do corpo de bombeiros para vistoria das medidas de segurança e proteção contra incêndios, a exemplo dos depósitos de inflamáveis e explosivos, postos de abastecimento de automóveis, além de edifícios comerciais e residenciais.

Tal lei previa ainda em seu artigo 489 que todos os edifícios acima de quatro pavimentos a serem construídos, reconstruídos ou reformados seriam dotados de instalação contra incêndio.

Com a expansão do corpo de bombeiro pelo interior do Estado, o município de Ponta Grossa, por meio da Lei n° 2608/73, que autorizou o Poder Executivo a firmar convênio com aquele município, tendo como objetivo a adequação, reequipamento, ativação do Grupamento do Corpo de Bombeiros e aprovação do regulamento de prevenção contra incêndio do município de Ponta Grossa.

As edificações eram classificadas segundo Tarifa de Seguro e Incêndio do Brasil, sendo os tipos de Proteção

[32] Revista Brigada. Porto Alegre: ano I, nº 3, 33 pág., set./1973
http://www.brigadamilitar.rs.gov.br/bombeiros/
http://www.brigadamilitar.rs.gov.br/bombeiros/DecEst.html

Contra incêndio e Pânico os elementos estruturais e meios de evacuação (rampas escadas enclausuradas e à prova de fumaça) de acordo com a NB – 208 da ABNT.

No ano de 1975, a corporação editou o seu primeiro Código de Proteção Contra Incêndio[33] e ele fixava o mínimo de requisitos à proteção contra incêndio e, a partir de então, passou a estudar, analisar, planejar, exigir e fiscalizar os imóveis industriais, comerciais e edifícios residenciais. Os riscos eram classificados em classes: A (pequeno), B (médio), C (grande) e D (risco especial). O sistema de combate a incêndio era composto por hidrantes, extintores e sistemas automáticos.

A partir desse código, iniciou-se a cobrança da instalação centralizada de GLP para todas as edificações com quatro ou mais pavimentos, bem como, para hotéis, restaurantes, panificadoras, confeitarias e outros estabelecimentos comerciais com área maior que 100m² e que utilizavam GLP.

Em 1999, o código passou por uma revisão, em que abrangia todas as edificações, exceto residenciais unifamiliares, acrescentando as edificações antigas que não possuíam sistemas de prevenção contra incêndio, passando a classificar o risco de incêndio em leve, moderado e elevado.

Atualmente, o Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná utiliza o Código de Prevenção de Incêndio que foi revisado no ano de 2001, tendo incorporado a NBR 9077 (saída de emergência), NBR 8660/84 (revestimento de piso), NBR 5441/93 (execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio), NBR 5442/86 (determinação do índice de propagações superficiais de chama pelo método do painel radiante), NBR 10898/90 (sistema de iluminação de emergência), dentre outras. Também passou a ser adotado o termo de ajustamento de conduta entre o corpo de bombeiros e os proprietários de imóveis que não podiam efetuar a regularização de seu imóvel, havendo, por meio do referido termo, a concessão de prazo para execução das alterações necessárias das medidas de proteção contra incêndio.

Por meio da Portaria n° 001/03 foram criadas as Comissões Técnicas no âmbito do comando do corpo de bombeiros. Essas comissões técnicas de prevenção de incêndio, em várias instâncias, têm por objetivo analisar e propor soluções nos casos omissos e/ou especiais, relativos à interpretação do Código de Prevenção de Incêndio e outras normas aplicáveis.

Encontra-se em andamento na Assembléia Legislativa do Paraná a aprovação de lei estadual de prevenção contra incêndio, dando legitimidade para o código atual, que tem características de regulamento de prevenção como norma administrativa interna da corporação.

Estado de Minas Gerais

No Estado de Minas Gerais, a legislação específica remonta aos tempos da construção da capital. Pela Lei nº 557, de 31 de agosto de 1911, assinada pelo então presidente Júlio Bueno Brandão, autorizando ao Executivo dispensar a quantia de vinte contos de réis para organizar a Seção de Bombeiros Profissionais, aproveitando o pessoal da Guarda-Civil.

Em 1 de outubro de 1955, por Decreto-Lei nº 1284, do governador do Estado, foi criado o Departamento Técnico do Corpo de Bombeiros, com instalação imediata. Esse departamento trouxe uma série de benefícios no aspecto técnico-profissional.

No mês de maio de 1961, no Comando do Coronel Raul Chaves Mendes, a Primeira Companhia foi transformada em Companhia de Prevenção, Salvamento e Proteção, com a finalidade de melhor desempenhar as atividades de salvamento e Proteção da Unidade.

No dia 25 de agosto de 1966, foi assinada a Lei nº 4234, pelo governador do Estado, reintegrando ao corpo de bombeiros à PMMG, sendo criados nessa época três batalhões de bombeiros, a Divisão Técnica, Manutenção e Transportes e a Divisão de Ensino.

Com a Emenda à Constituição nº 39, de 02 de Junho de 1999, houve a desvinculação do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar, atribuindo à corporação a competência de coordenar e executar ações de defesa civil, perícias de incêndio e estabelecimento de normas relativas à segurança contra incêndios ou qualquer tipo de catástrofe, além de executar as demais atividades de prevenção e combate a incêndios e busca e salvamento.

O Corpo de Bombeiros do Estado de Minas Gerais segue os ditames das leis estaduais nº 14130 de

[34] http://www.bombeiros.pr.gov.br/ 7ª Seção do EMCB - Seção de Prevenção e Engenharia Contra Incêndio. Curitiba, 08/2007.

19/12/2001 e 14938 de 29/12/2003[34], as quais dispõem sobre a Prevenção contra Incêndio e Pânico no Estado e sobre a legislação tributária no Estado, inclusive quanto à Taxa de Incêndio.

A realidade mostra que a cultura prevencionista, aliada ao desenvolvimento de legislações tecnicamente eficientes, resulta na melhoria direta das condições de segurança que uma edificação proporciona aos cidadãos que nela se encontrarem, bem como às equipes de atendimento das emergências que necessitarem de um acesso seguro para o bom desempenho de suas funções.

Toda essa regra normativa vem a colaborar para uma convivência harmoniosa do cidadão com o ambiente em que ele ocupa para o seu trabalho, lazer ou descanso, mas tal harmonia será otimizada por meio da interação do texto normativo com a devida educação pública, a qual corresponde ao objetivo do legislador quando desenvolve o texto normativo. Tal interação da norma com a educação pública vem surtir o efeito necessário de redução do número de incêndios, mostrando que a segurança contra incêndio deveria ser tema discutido até mesmo nos bancos escolares.

A necessidade de treinamento e educação está ligada à responsabilidade humana em assegurar que não ocorram incêndios acidentais nas várias atividades exercidas, bem como, à real possibilidade de atuação diante do acontecimento de um incêndio.

A população dispõe hoje de excelentes serviços prestados na área de segurança contra incêndio, contando até mesmo, em algumas localidades, com a possibilidade de controle e andamento dos seus diversos processos eletronicamente. A realidade nos mostra um crescente desenvolvimento na área o que reforça o compromisso do corpo de bombeiros do Brasil de melhor atender o cidadão com a devida prestação de serviços de qualidade, embasados em legislações coerentes e avançadas.

Atualmente existem grupos interessados em desenvolver uma legislação federal ou um código de prevenção contra incêndios que atue em todo o território nacional e que padronize as exigências das medidas de segurança contra incêndios em todas as edificações no Brasil. Os atuais códigos ou legislações estaduais utilizados possuem suas diferenciações, porém, a exemplo de outras nações que até mesmo exportam tecnologia na área, o Brasil possui uma coletânea normativa muito atual e, ao mesmo tempo, com excelentes características técnicas, o que nos coloca em posição de referência na segurança contra incêndio no panorama sul-americano.

Nossos esforços sempre continuarão com o objetivo de proteção à vida, ao patrimônio e ao meio ambiente, com a disposição necessária para tornar a convivência do cidadão mais segura no ambiente em que estiver, por meio de exigências técnicas e construtivas modernas e eficientes na área de segurança contra incêndios.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DECRETO nº 1714, de 18 de março de 1909. *Dá regulamento para os divertimentos públicos.* Collecção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1909. São Paulo: Typografia do Diário Official. 1910. Tomo XIX.

- DECRETO-LEI nº 13.346, de 3 de maio de 1943. *Dispõe sobre a organização do Corpo de Bombeiros.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1943. São Paulo: IMESP. 1948. Tomo LIII.

- DECRETO nº 29.996, de 28 de outubro de 1957. *Dispõe sobre a criação da Diretoria de Incêndio e Salvamentos da Força Pública.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1957. São Paulo: IMESP. 1958. Tomo LXVII.

- DECRETO nº 35.332, de 11 de agosto de 1959. *Aprova Regulamento para execução das instalações prediais de águas e esgotos, sanitários, na Capital.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1959. São Paulo: IMESP. 1961. Tomo LXIX.

- DECRETO nº 42.141, de 2 de julho de 1963. *Aprova o Regulamento para os Serviços de Bombeiros e dá outras providências.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1963. São Paulo: IMESP. 19564. Tomo LXVII.

- DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para instalações de prevenção e combate a incêndio exigidas pelo Corpo de Bombeiros da Capital.* São Paulo: Força Pública do Estado de São Paulo.

- DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para instalações de prevenção e combate a incêndio exigidas pelo Corpo de Bombeiros da Capital.* São Paulo: Força Pública do Estado de São Paulo. Dez.1961.

• DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelo Corpo de Bombeiros de São Paulo.* São Paulo: Serviço Gráfico da Secretaria da Segurança Pública.1962.

• DEPARTAMENTO TÉCNICO. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P.* Campinas: Palmeiras, 1974.

• DECRETO ESTADUAL nº 20811, de 11 de março de 1983. *Aprova especificações para instalações de proteção contra incêndios, para o fim que especifica.* São Paulo: DOE, 15/03/83.

• DECRETO ESTADUAL nº 33.499, de 10 de julho de 1991. *Cria o Grupo de Análise e Aprovação de Projetos Habitacionais - GRAPROHAB.* São Paulo: DOE, n. 101(127),11/07/91.

• DECRETO ESTADUAL nº 38069, de 15 de dezembro de 1993. *Aprova especificações para instalações de proteção contra incêndios e dá providências correlatas.* São Paulo: DOE, n. 103(233), 15/12/93.

• DESPACHO NORMATIVO CB-1-33-93.*Dispõe sobre a abrangência das medidas de proteção contra incêndios nas edificações*. São Paulo: DOE, nº 103(146), 5 ago.1993.

• DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio.* São Paulo: Empresa jornalística o Jacareiense,1980.

• DIRETORIA DE ATIVIDADES TÉCNICAS. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio.* São Paulo: CIAD-CB,1981.

• GILL, Afonso Antônio, NEGRISOLO, Walter. *Cem Anos de Coragem (e de Lutas).* Revista Incêndio. São Paulo, Março/Abril, 1980.

• INSPETORIA DE BOMBEIROS. *Especificações para Proteção Contra Incêndios em Garagens Automáticas.* São Paulo: Serviço de Intendência,1965.

• INSTRUÇÃO TÉCNICA nº CB-001/33/96.*Dispõe sobre o Auto de Vistoria do Corpo de Bombeiros.* São Paulo: DOE, n. 106 (204), 20/12/96.

• INTERPRETAÇÃO FORMAL. *Especificações para instalações de proteção contra incêndios.* São Paulo: CCB, 1991.

• LEI nº 2.480, de 13 de dezembro de 1935. *Estabelece medidas de caracter financeiro e dá outras providencias.* Collecção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1936. São Paulo: IMESP. 1936. Tomo XLV.

• LEI nº 12.878, de 17 de agosto de 1942. *Incorpora à Força Policial do Estado o Corpo de Bombeiros de São Paulo.* Coleção das Leis e Decretos do Estado de São Paulo de 1942. São Paulo: IMESP. 1948. Tomo LII.

• LEPRI, Janaína. FERRO, Francisco. DRUMOND. *Cosme Degenar*. Revista Tecnologia e Defesa, São Paulo: n. 15, 1997.

• MALVÁSIO, S. *História da Força Pública.* São Paulo: Serviço de Intendência da Força Pública, 1967.

• NOTA DE INSTRUÇÃO TÉCNICA nº DAT-002/03/83. *Regulamentação e interpretação do Decreto Estadual 20811-83.* São Paulo: Corpo de Bombeiros, dez.1983.

• NOTA DE INSTRUÇÃO TÉCNICA nº CCB-001-03/85. *Estabelece normas para a implantação do glossário de Pareceres Técnicos.* São Paulo: Corpo de Bombeiros, mai.1995.

• PORTARIA DO COMANDANTE, de 2-7-93.*Dispõe sobre o funcionamento do Sistema de Atividades Técnicas.* São Paulo: DOE, nº 103(146), 5 ago.1993.

• PROTOCOLO DE INTENÇÕES. *Dispões sobre protocolo de intenções entre Corpo de Bombeiros e CREA, visando o aprimoramento da fiscalização do exercício profissional nas áreas de engenharia, arquitetura e agronomia.* São Paulo: 01/12/1995.

• SÃO PAULO [Estado]. Decreto Estadual nº 46076/01 de 31/08/2001. *Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das Edificações e Áreas de Risco.* São Paulo: IMESP, nº 166, 01/09/01.

- 5º SEÇÃO DO ESTADO MAIOR. *Especificações para Instalações de Prevenção e Combate a Incêndio Exigidas pelas Unidades de Bombeiros da P.M.E.S.P.* São Paulo: PMESP.1975.

- RIO DE JANEIRO [Estado]. Decreto 897, de 21 setembro de 1976. *Código de Segurança Contra Incêndio - COSCIP.*

- http://www.cbmerj.rj.gov.br, 08/2007.

- www.bombeiros.pr.gov.br e 7ª Seção do EMCB - Seção de Prevenção e Engenharia Contra Incêndio. Curitiba: CBMPR, 07/2007.

- MINAS GERAIS [Estado]. DIÁRIO DO EXECUTIVO – Publicação. Minas Gerais - 13/04/2004 pág.2, col.1

- www.bombeiros.mg.gov.br/dat/orientacaoaprovacaoevist, 08/2007.

- www.bombeiros.mg.gov.br/dat/legislacaoestadual, 08/2007.

XXI
PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE PLANO DE EMERGÊNCIA

Cel. Res. PM Alfonso Antonio Gill

Major PM Omar Lima Leal

1. Introdução

No Brasil ainda há poucos bancos de dados sobre acidentes que forneçam conteúdos suficientes para permitir diagnósticos mais aprofundados sobre emergências em geral e incêndios em particular. Os levantamentos estatísticos sobre acidentes normalmente são feitos pelo corpo de bombeiros dos Estados e do Distrito Federal. Cada um deles adota uma forma própria de registrar as emergências, embora exista uma norma da ABNT. O uso da NBR 14.023 – *Registro das atividades de bombeiros* ou outra com a mesma finalidade seria o primeiro passo para uma padronização de tais dados. Embora a NBR 14.023, publicada em 1997, possa estar desatualizada, a melhor solução é aperfeiçoá-la e adotá-la como padrão para todos os registros de ocorrências de incêndio. O resultado disso seria a obtenção de um mínimo de padronização de dados sobre incêndios no Brasil e outros tipos de emergência.

Para a tomada de decisões é imprescindível a existência de um banco de dados confiável, que forneça as informações necessárias para o aperfeiçoamento da segurança contra incêndio no Brasil. Enquanto isto não acontecer, pesquisadores continuarão a usar dados de outros países que não refletem a realidade brasileira.

Mesmo considerando os diferentes métodos de tabulação de dados adotados pelos estados do Brasil, foi possível à Secretaria Nacional de Segurança Pública registrar, em 2004, 137.779 incêndios no Brasil (BRASIL, 2006). A partir desse fato, levanta-se a seguinte questão: quantos destes incêndios poderiam ter conseqüências bem menores, se as pessoas envolvidas tivessem desenvolvido os necessários planos de emergência? São poucos os trabalhos em língua portuguesa sobre o assunto e, de modo geral, eles abordam questões pontuais. (LEAL, 2003)

Reconheçam-se as dificuldades de um trabalho abrangente, pois seria necessário abordar as características de cada edificação, dos diferentes tipos de ocupação, dos diferentes tipos de cenários e assim por diante.

A literatura consagrou que os acidentes com poder de impactar o meio ambiente (COLTEN, 2001) são classificados como naturais (tornados, terremotos, deslizamentos de encostas), tecnológicos (incêndios, explosões e vazamentos de produtos perigosos) e atos de terrorismo. (BRASIL, 1995)

Normalmente para esses tipos de emergência é chamado, inicialmente, o Corpo de Bombeiros (CB). Embora haja escassa legislação, que regulamente o assunto, para fins deste trabalho propõem-se os níveis a seguir:

a) Emergência pequena que o próprio sinistrado administra.

b) Emergência média em que há atuação só do CB e de equipes da empresa sinistrada.

c) Emergência grande em que há atuação do CB, de outros órgãos ou do Plano de Auxílio Mútuo (PAM).

d) Emergência ampliada, quando a área vizinha é afetada, exigindo mobilização de recursos para a área, tornando-se caso de Defesa Civil.[1]

[1] Segundo a ONU, os termos emergências pequenas, médias, grandes e ampliadas podem ter como referências a quantidade de vítimas imediatas advindas do evento (FREITAS, 2000). O Plano APELL apresenta outro parâmetro de classificação segundo a magnitude do evento (produtos perigosos envolvidos) e a territoriedade (manancial, indústria química ou rodovia).

As orientações deste trabalho estão mais voltadas para as emergências dos dois primeiros casos, ou seja, daquelas limitadas à edificação de origem e seu espaço contíguo, embora adiante se comente algo sobre os acidentes industriais ampliados. Cabe lembrar que uma emergência bem administrada desde seu início permitirá que seu comando se realize de modo ordenado e contínuo até o seu final qualquer que seja a sua dinâmica de crescimento. (FwDV 100).

Apesar de alguns avanços ocorridos nos últimos anos quanto ao trato das emergências parece que as emergências "menores" não têm recebido a atenção que deveriam. Esse é o objetivo deste trabalho, divulgar conceitos e procedimentos que permitam às pessoas se prepararem para enfrentar as emergências em seus locais de trabalho. Organizar o atendimento de uma emergência desde o seu início irá facilitar a continuidade da sua administração pelos órgãos públicos, como o corpo de bombeiros dentre outros, que deverão chegar posteriormente. Quando a empresa e o CB trabalham juntos somam-se dois fatores poderosos. O pessoal da empresa conhece bem as suas instalações, os processos e os produtos manipulados, mas não tem a vivencia do dia-a-dia com emergências como as de incêndio. Por outro lado o CB, que tem essa experiência, desconhece quase que totalmente as empresas em que vai atender a uma emergência e os riscos a que pode estar exposto. Por essas e outras razões, percebe-se a importância de um bom entrosamento entre o pessoal da empresa e de órgãos públicos como o CB.

Para a elaboração deste capítulo optou-se por fazer, inicialmente, comentários a alguns aspectos das normas brasileiras por serem elas um importante embasamento em processos de apuração de responsabilidades.

No desenvolvimento do trabalho decidiu-se usar como modelo a publicação *Emergency Management Guide for Business & Industry da Federal Emergency Agency* (FEMA) tomando-a como principal referência bibliográfica.

As razões desse procedimento foram que, no entendimento dos autores, tal texto aborda de um modo extremamente didático o processo de elaboração de um plano de emergências. Por outro lado ele servirá como uma espécie de benchmarking, permitindo fazer comparações com algumas exigências nacionais que talvez possam ser aperfeiçoadas. Nesse possível benchmarking o que se busca é o sentido de aprendizado com outros e não o de cópia (SORIO, 2007).

2. Prevenção de acidentes industriais ampliados

A prevenção de acidentes, neste trabalho, está focada mais na segurança contra incêndio. O Decreto Estadual Paulista nº. 46.076/01[2] estabelece a definição de prevenção de incêndio entendido como o conjunto de medidas que visam: evitar o incêndio, permitir o abandono seguro dos ocupantes da edificação e áreas de risco, dificultar a propagação do incêndio, proporcionar meios de controle e extinção do incêndio e permitir o acesso para as operações do corpo de bombeiros.

Para uma efetiva ação da prevenção de incêndio, os autores elaboraram uma analogia com os níveis de prevenção de doenças, tradicionalmente adotada pela doutrina de saúde pública, conforme se observa a seguir.

2.1. NÍVEIS DE PREVENÇÃO DE ACIDENTES

A palavra prevenção significa atuação antecipada. Prevenir significa impedir que determinado desfecho indesejado se instale, tais como:

- Surgimento de focos de incêndio.
- Surgimento de vapores inflamáveis combustíveis.
- Curtos circuitos elétricos.

Doutrinariamente, dividiu-se a prevenção de incêndios em três níveis de atuação:

- Prevenção primária.
- Prevenção secundaria.
- Prevenção terciária.

[2] Institui o Regulamento de Segurança contra Incêndio das edificações e áreas de risco para os fins da Lei nº. 684, de 30 de setembro de 1975 e estabelece outras providências.

Entende-se por **prevenção primária** o conjunto de ações, voltadas para a prevenção da ocorrência de incêndio na edificação. Engloba medidas, cujo objetivo é atuar sobre o período que antecede o surgimento de princípios de incêndio, destinada a evitar o desencadeamento de fatores que podem originar o fogo.

Visa à promoção de programas de prevenção de incêndio ao envolver os ocupantes da edificação por meio de ciclo de palestras, simpósios, seminários, demonstrações do emprego de sistemas ativos e passivos de combate a incêndios. Esses programas visam aumentar a sensação de segurança dos usuários e o bem estar ocupacional de brigadistas e bombeiros industriais.

As medidas, nesse nível de prevenção de incêndios, podem ainda incluir:

- Saneamento básico da edificação.
- Habitação em melhores condições de salubridade.
- Iluminação e ventilação naturais.
- Condições de trabalho mais seguros com sinalização de alerta.
- Conscientização e noções de emprego e maleabilidade de aparelhos de combate a incêndios aos interessados.

As ações de proteção específicas incluem medidas para eficiente e eficaz combate ao incêndio. São exemplos de ações preventivas primárias: limpeza e desobstrução de aparelhos extintores, limpeza de mangueiras e das caixas de abrigo, verificação do volume da reserva de incêndio e energização de alarmes de incêndio e luminárias de emergência. Essas inspeções devem ser constantes e rotineiras. Todos os trabalhadores, usuários, moradores e visitantes podem participar deste nível de prevenção de incêndio.

Entende-se por **prevenção secundária** o conjunto de medidas para evitar a instalação de riscos de incêndios mais severos, tais como: presença de vapores inflamáveis no ambiente, ausência de brigadistas e bombeiros industriais na empresa, falta de integração sobre as regras de segurança contra incêndio durante a execução de serviços realizados por empresas contratadas ou terceirizadas.

As ações voltadas para solucionar, atualizar ou minimizar os problemas estão voltadas para:

- Treinamentos de reciclagem de brigadistas.
- Recarga de aparelhos extintores.
- Testes de pressão em mangueiras de incêndio.
- Conserto de vazamentos na rede hidráulica ou gasodutos.
- Monitoramento ambiental para fins de laudos de insalubridade.
- Testes de estaqueidade de produtos perigosos.
- Laudos de fucionabilidade do sistema de pára-raios.
- Certificação de equipamentos de combatente a incêndios.

Entende-se por **prevenção terciária** o conjunto de medidas mais avançadas e especializadas para barrar a propagação de incêndio na edificação. Trata-se da adoção de ações operativas para garantir o efetivo combate aos focos de incêndio. As ações relacionadas visam limitar perdas de vidas, impactos no meio ambiente e danos patrimoniais, a saber:

- Auditorias executadas por peritos para analisar e comunicar riscos de incêndios aos usuários da edificação.
- Exercícios simulados de planos de abandono de edificação pelos seus ocupantes.
- Cronometragem do tempo de mobilização de recursos humanos e materiais para assessoria técnica durante os simulados emergências na edificação.
- Participação no planejamento e na execução de planos de auxílio mútuo e orientação da comunidade local quando do surgimento de incêndio.

Essa fase, quanto aos exercícios simulados e simulacros, podem receber a validação de planos de abandono e de emergência pelas autoridades locais com destaque para o corpo de bombeiros da região.

2.2. ACIDENTES INDUSTRIAIS AMPLIADOS

Nos anos 70 e 80 aconteceram grandes acidentes tal como se verifica na tabela a seguir.

Tabela 1 - Acidentes Químicos Ampliados, em diversos países, com impacto ambiental registrado no período de 1976 a 1998

DATA	LOCAL	PRODUTO QUÍMICO	EVENTO ECIDENTAL	IMPACTO EM SERES HUMANOS
1976	Seveso, Itália	Tetraclorobeniza, paradioxina	Vazamento	700 contaminadas
1983	Pojuca, Brasil	Gasolina	Incêndio	43 óbitos
1984	Bophal, Índia	Isocianato de metila	Vazamento	2,5 mil mortes 200 mil contaminados
1986	Basiléia, Suíça	Pesticidas	Vazamento Incêndio	30 km do Rio Reno foram contaminados
1986	Chernobyl, Ucrânia	Reator nuclear	Incêndio	31 óbitos evacuação de 130 mil pessoas
1987	Goiânia, Brasil	Césio 137	Vazamento	129 apresentaram contaminação corporal
1988	USSR	Explosivos	Explosão	73 óbitos
1995	Tóquio, Japão	Gás Sarin	Ato terrorista	12 óbitos
1998	Araraquara, Brasil	Diesel/Álcool	Incêndio	53 óbitos

Fonte: FREITAS, 2000.

Em razão de acidentes desse tipo acabaram se desenvolvendo programas como o APELL[3] da ONU. O processo APELL é programa desenvolvido pela UNEP em conjunto com o governo, indústrias e segmentos comunitários. O propósito é minimizar os efeitos dos produtos químicos, bioquímicos e radiológicos aos seres humanos em razão de acidentes tecnológicos de natureza ampliada.

A estratégia APELL é desenvolver e criar consciência de risco de contaminação da comunidade próxima às indústrias e desenvolver a coordenação da resposta às emergências entre o governo (polícia, bombeiros, defesa civil, saúde e meio ambiente), indústria (fabricante, armazenador e transportador) e organizações não-governamentais (sociedades, fundações e igrejas). Na sua maioria, essa coordenação é medida e testada por meio de exercícios simulados de acidentes para verificar e atuar planos de emergência.

Em 1990, o processo APELL foi adotado pela indústria química paulista em razão do registro de acidentes de vulto. As referências nacionais são os pólos petroquímicos de Cubatão, São Sebastião e Caraguatatuba. O tema apresenta restrições afetas à saúde pública e políticas públicas de defesa civil conforme preconiza o Decreto Legislativo nº. 40.085, de 15/01/2002 sobre acidentes ampliados no Estado de São Paulo.

Na esfera federal, o Brasil ratificou a recomendação da Organização Internacional do Trabalho nº. 174, quanto à preparação do atendimento a Acidentes Químicos Ampliados (AQA) em estudo comparado com os resultados alcançados pelo emprego do processo APELL para notificar e tranqüilizar a comunidade local atingida.

Todavia a legislação nacional existente é pouca sobre o assunto dos Planos de Emergência (PE). O APELL tem como metas específicas (ABIQUIM, 2005):

• Fornecer informações aos moradores e usuários da comunidade.

• Revisar, atualizar ou estabelecer PE da região.

• Incrementar o envolvimento da indústria local na conscientização da comunidade e no planejamento do atendimento a situações de emergência.

• Integrar os PE das indústrias com os PE da comunidade fornecendo um plano global para atender a todos os tipos de situações de emergência na comunidade.

[3] APELL *significa Awareness and Preparedness for Emergencies at a Local Level* United Nations Environmental Programme.Disponível em <http://www.unep.fr/pc/apell/>

• Envolver os membros da comunidade local no desenvolvimento, testes e implementação do plano global de atendimento a situações de emergência.

Sabe-se que algumas empresas e algumas regiões do País têm se organizado para enfrentar emergências, mas a grande maioria das empresas parece que pouco se preocupam com as possíveis emergências de modo antecipado, mas somente depois que elas ocorrem, motivo pelo qual se apresenta resumidamente algumas normas e legislação brasileira em vigor sobre o tema.

FIGURA 01 - Extinção de incêndio provocado por queda de aeronave
Fonte: Corpo de Bombeiros de São Paulo. 2007

3. Legislação e normas

Apesar da existência de algumas leis esparsas, ainda não há uma codificação legislativa que trate dos diferentes aspectos referentes às emergências, das pequenas às grandes emergências, ou desastres, que já passam a ser ações de defesa civil. Embora os manuais de defesa civil abordem a necessidade de planejamento, há no Brasil uma idéia generalizada "de que defesa civil e a atenção aos desastres são basicamente, atuar durante ou depois do desastre acontecer" (MI/SEDEC 2002).

Ao longo do tempo algumas ações vêm sendo tomadas como o seminário "10 anos de Bhopal" realizado em 1994 na cidade do Rio de Janeiro - RJ, "O Primeiro Seminário sobre Acidentes Químicos Maiores" em 1995 e o seminário sobre "Acidentes Químicos Ampliados no Brasil" em 1997, ocasião em que foi encaminhada solicitação, para que o Congresso assinasse a Convenção 174 da OIT (FREITAS, 2000).

A Lei nº 6.938 de 1981 cria o Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981) e dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. A Resolução nº. 001 de 23/01/86 instituiu a obrigação de Estudos de Impacto Ambiental (EIA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Esses estudos são instrumentos de avaliação dos impactos.

Em São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB, 2006), que já atuava de forma corretiva, passou a incorporar os estudos de análise de riscos no processo de licenciamento ambiental, visando à prevenção de acidentes. Em 1990, a CETESB editou o primeiro "Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos". A sua última versão é a norma CETESB 4.216, de 2003. São dadas instruções básicas sobre a elaboração de um Plano de Ação de Emergência (PAE), que deve incluir itens como: estabelecimento de uma equipe para atuação em emergências, preparação de procedimentos de emergência para cada cenário acidental, definição do local da central da coordenação da emergência, programa de treinamento para emergências e programas de revisão e auditoria do PAE.

3.1. NORMAS OSHA

Uma das publicações nos Estados Unidos da América (EUA), que visam estimular a elaboração de planos de emergência, é o livreto "How to plan for workplace emergencies and evacuations" (OSHA 3088, 2001). Ele orienta que nem todos os empregadores são obrigados a fazer um plano de emergência em suas empresas, mas recomenda que o façam, pois é um bom modo do empregador se proteger, de proteger seus empregados e seu negócio caso ocorra uma emergência.

As normas da OSHA exigem a elaboração de planos de emergência, mas a básica é a norma 1910.38 *(Emergency action plans)* cujos principais aspectos são:

• O plano de emergência deve ser escrito. O plano deve estar disponível para todo e qualquer empregado possa analisar seu conteúdo. Quando o número de funcionários for até dez, o plano pode ser oral.

• É exigido que se elaborem procedimentos no mínimo para:

- Relatar um incêndio.
- Abandonar a edificação.

o Executar operações especiais.
o Aplicar primeiros socorros de urgência médica.

• Deve estar disponível lista com o nome e função das pessoas que podem dar esclarecimentos aos funcionários sobre o plano.

3.2. NFPA 1600

A centenária organização *National Fire Protection Association* (NFPA, 2006), dos EUA, publicou a primeira edição de sua norma de gerenciamento de emergências em 1995. O trabalho foi desenvolvido pelo Comitê de Gerenciamento de Desastres da NFPA, criado em 1991.

O objetivo dessa norma é estabelecer um conjunto de critérios para o gerenciamento de emergências, desastres e programas para a continuidade dos negócios e proporcionar aos responsáveis pelo gerenciamento de emergência critérios para desenvolver programas ou avaliar programas existentes.

A norma orienta para que a empresa tenha um programa de gerenciamento de emergência documentado. A norma também define entre outros aspectos: a política sobre o assunto com uma declaração de visão e missão; o cronograma e a alocação dos recursos necessários.

3.3. NBR 14.276

A NBR 14.276 fornece os requisitos para a formação de brigadas de incêndio em edificações. Essa norma tem como objetivo estabelecer requisitos mínimos para compor, formar, implantar e reciclar uma brigada de incêndio.

Por essa norma, as brigadas de incêndio são obrigatórias em todo e qualquer local no qual estão situadas uma ou mais edificações ou áreas para serem usadas para determinados eventos ou ocupação.

A quantidade de brigadistas é definida em função do tipo de ocupação e da população fixa existente por pavimento ou compartimento.

A norma apresenta exemplos de cálculo para o número de brigadistas. Em um desses exemplos uma indústria com cento e dezesseis funcionários e de alto risco, ou seja, alta carga de incêndio deve ter dezenove brigadistas. Em outro exemplo um shopping com quarenta e sete pessoas na sua administração e trinta e duas lojas precisaria ter um total de setenta e dois brigadistas.

Há três níveis de treinamento a ser dado à brigada em função do grau de risco. As cargas horárias mínimas previstas são de oito horas-aula para o nível básico, cinqüenta e duas horas-aula para o nível intermediário e sessenta e três horas-aula para o nível avançado.

3.4. NBR 15.219

A NBR 15.219 regula o plano de emergência contra incêndio e seus requisitos. Essa norma estabelece requisitos mínimos para elaborar, implantar, manter e revisar um Plano de Emergência Contra Incêndio (PECI).

De acordo com essa norma todo e qualquer local em que estão situadas uma ou mais edificações ou áreas para serem usadas para determinados eventos ou ocupação deverá ter seu PECI.

Ainda de acordo com a norma o PECI, deve ser desenvolvido por profissional habilitado, ou seja, alguém que tenha elaborado planos de emergência nos últimos cinco anos ou por profissional formação tenha tido as cargas horárias descritas abaixo, dependendo dos níveis (baixo, médio ou alto) de risco da ocupação:

• Prevenção e combate a incêndio e abandono de área: 200, 300 e 400 h.
• Primeiros socorros de 60, 120 e 240 h.
• Análise de risco de 60, 100 e 140 h.

O PECI deve ser auditado por um profissional a cada 12 meses, preferencialmente antes da sua revisão.

3.5. IT 16

O Decreto nº. 46.076/01 do Estado de São Paulo exige que vários tipos de edificação, em função do tipo de ocupação, da altura e da carga de incêndio, elaborem Planos de Intervenção de Incêndio (PII).

Embora a IT 16 declare que seu objetivo é estabelecer princípios gerais para o levantamento de riscos de incêndio, para a elaboração do PII e para a padronização das formas de intervenção operacional, depreende-se da sua leitura que a principal finalidade é fornecer as informações necessárias, para que o corpo de bombeiros tenha um fácil e rápido reconhecimento do local, de seus riscos e de seus recursos.

4. Metodologia para elaborar plano de emergência

A elaboração de um plano de emergência implica execução e coordenação de várias de tarefas. A metodologia empregada foi estudar um modelo consagrado, tentando resumi-lo e adaptá-lo às nossas condições.

Por essa e outras razões, conforme já foi dito no início deste trabalho, decidiu-se adotar o método dos cinco passos apresentado em *Emergency Management Guide for Business & Industry,* que neste texto será simplesmente referido como "Guide".

4.1. PASSO 1: ESTABELECER UMA EQUIPE

De acordo com esse método um plano de emergência pode ser elaborado por um indivíduo ou um grupo designado para tal. A NBR 15.219 propõe que o plano de emergência seja elaborado por um profissional habilitado.

O trabalho em equipe parece ser mais produtivo, pois já envolve desde o início os profissionais necessários ao sucesso do empreendimento, há mais sinergia no processo. Normalmente, o envolvimento de mais pessoas implica mais e melhores informações, principalmente porque elas discutem com base na experiência da sua área de trabalho, aumenta a participação, chama atenção e dá maior visibilidade para o processo de elaboração do plano.

O tamanho da equipe vai depender do tamanho da empresa, de suas operações e dos seus recursos.

Assim, como passo inicial, determine que profissionais devem ser os "executivos" do planejamento e quais atuarão como "consultores".

A participação de pessoas dos diferentes setores dá a oportunidade para que cada um deles traga as suas informações pertinentes para o plano de emergência. As seguintes áreas podem ser convocadas:

- Diretores.
- Gerentes.
- Recursos humanos.
- Engenharia e manutenção.
- Saúde, segurança do trabalho e meio ambiente.
- Relações públicas e comunicação social.
- Segurança patrimonial.
- Relações com a comunidade.
- Recursos financeiros, orçamentários e marketing.
- Jurídico.
- Compras e finanças.

Estabeleça autoridade:

Obtenha por escrito dos escalões superiores a designação dos participantes. Para demonstrar o comprometimento dos gerentes, estimule o grupo a tomar as medidas necessárias para o bom funcionamento do plano.

O grupo deve ser liderado pelo maior cargo de chefia ou pelo gerente da empresa. Estabeleça uma clara linha de autoridade entre os membros do grupo e o líder, embora não tão rígida a ponto de inibir as pessoas de manifestarem livremente suas idéias.

Declare a missão:

Além de outras ações, uma declaração formal da direção da empresa, demonstra seu comprometimento com o plano de emergência. Tal declaração deve deixar claro, preciso e conciso o propósito do plano e que ele envolverá todos os setores da organização, bem como deve definir a autoridade e a estrutura do grupo de planejamento.

Estabeleça um programa e orçamento:

Elaborar um plano de emergência e colocá-lo em prática implica em se alocar recursos para tal. Sem a designação dos recursos necessários, o plano de emergência pode se tornar uma falácia.

Estabeleça uma agenda de trabalho e prazos das etapas do programa. Os prazos podem ser mudados conforme as prioridades ficarem mais claramente definidas. Desenvolva um orçamento inicial para gastos com itens como: pesquisa, impressão, seminários, serviços de consultoria e outras despesas que podem ser necessárias durante o processo de desenvolvimento do plano.

4.2. PASSO 2: ANALISAR RISCOS E CAPACIDADE DE COMBATE AO INCÊNDIO

Nessa etapa há a coleta de informações sobre o "arcabouço" de normas e leis ligadas às emergências, sobre os modos de analisar os possíveis riscos de incêndio e sobre a capacidade de ação disponível e sobre as emergências.

Políticas e planos internos:

A execução de um plano de emergência não pode criar conflitos com outras orientações da empresa. Ele deve estar em sintonia com as demais ações e políticas da empresa. Essa sintonia deve ser verificada junto a documentos como:

- Plano de retirada organizada de pessoas de edificações.
- Plano de proteção contra incêndio.
- Programa de saúde e segurança do trabalho.
- Políticas ambientais.
- Procedimentos de segurança patrimonial.
- Programas do seguro.
- Procedimentos orçamentários e financeiros.
- Política de fechamento da empresa.
- Regulamento do trabalho dos empregados.
- Planos de materiais perigosos.
- Avaliação da segurança do processo.
- Plano de gerenciamento de risco.
- Política de aumento de capital.
- Planos de auxílio mútuo.

Reúna-se com grupos externos:

Reúna-se com representantes de órgãos governamentais e da comunidade. Converse sobre as possíveis emergências e os recursos de resposta desses órgãos. Contatos com órgãos como agência ambiental, corpo de bombeiros, concessionárias de água e de energia elétrica, indústrias vizinhas e outras entidades podem ser úteis.

Identifique códigos e regulamentos:

Existem leis e normas nas esferas federal, estaduais e municipais que têm alguma ligação com a elaboração de plano de emergência. Procure identificá-los e ficar em sintonia com suas exigências.

Identifique operações, serviços e produtos críticos:

Cada tipo de ocupação nas edificações possui suas características e seus pontos críticos seja um hospital, uma petroquímica ou um museu. Para elaborar o plano de emergência é necessário ter as informações prioritárias, necessárias e importantes para avaliar os impactos da emergência e determinar as medidas necessárias tais como:

- Pontos críticos no processo produtivo.
- Pontos críticos no fornecimento especialmente no caso de haver um único fornecedor.
- Problemas devidos à interrupção de fornecimento de água, energia, telefone e gás.
- Operações, equipamentos e pessoas vitais à continuidade de funcionamento da facilidade.

Identifique capacidades e recursos internos:

Os recursos da empresa são os que estão à disposição imediata. Tais recursos são os que podem ser usados de pronto. Os recursos, humanos e materiais, incluem:

• Brigadistas de atendimento a emergências, pessoal de vigilância, grupo de gerenciamento de emergência, equipe de retirada de pessoas de edificações.

• Equipamentos de combate a incêndio, equipamentos de primeiros socorros, sistemas de alarme, sistemas de comunicação, equipamentos de proteção individual e de proteção respiratória.

• Sistemas de geradores de fornecimento de energia elétrica.

Identifique recursos externos:

Há muitos recursos externos que podem ser necessários em uma emergência. Em alguns casos podem ser necessários acordos formais para definir os relacionamentos regionais. Os possíveis recursos externos a empresa podem ser:

• Defesa civil.

• Corpo de bombeiros.

• Hospitais.

• Contrato de prestação de serviços de manutenção (predial, elevadores, maquinários e geradores).

• Fornecedores de equipamentos de emergência.

• Pessoal de companhia de seguros.

Faça uma análise do seguro:

Reúna-se com o pessoal da empresa ou companhia de seguros para e estude os possíveis procedimentos a serem adotados.

Realize uma análise de vulnerabilidade:

Os métodos de análise de risco[4] mais comuns são: análise histórica de acidentes, lista de verificações *(check list)*, What if, análise preliminar de perigo; análise de modo de falha e Hazop (SERPA, 2000).

Hoje em dia, com a facilidade de acesso a informações pela rede mundial de computadores (internet), pode-se fazer um levantamento de históricos de acidentes acontecidos em ocupações semelhantes àquela que está sendo objeto de estudos é algo relativamente simples e útil.

O Guide apresenta um método simples que descrevemos a seguir. Trata-se de uma matriz de análise de vulnerabilidade que se estimam as probabilidades das emergências, dos impactos e uma avaliação dos recursos disponíveis.

Tabela 2 - Matriz de análise de vulnerabilidade

TIPO DE EMERGÊNCIA	PROBABILIDADE	IMPACTO HUMANO	IMPACTO PATRIMÔNIO	IMPACTOS NEGÓCIOS	RECURSOS INTERNOS	RECURSOS EXTERNOS	TOTAL
	Alta 5 Baixa 1	Alto 5 < > 1 Baixo			Recursos Fracos 5	Recursos Fortes 1	

Fonte: FEMA.

Com base nessa matriz é possível classificar as emergências por ordem de gravidade.

Liste as emergências potenciais:

As emergências podem ser dos mais variados tipos e ter várias causas. Os "lembretes" abaixo para o preenchimento da matriz permitem que o analista pense de um modo ordenado sobre os fatores mais importantes.

Na 1ª coluna da matriz liste todas as emergências que podem afetar sua empresa. Considere:

• Emergências que podem ocorrer dentro das tuas instalações.

[4] A NFPA 1600, edição 2000 trata da resposta aos desastres e arrola as metodologias e técnicas de análises de riscos, tais como: *What if?;Check list; Hazop; Hazard Studies; Falure modos; Fault tree*

• Emergências que podem ocorrer na tua comunidade.

Seguem-se alguns fatores a serem considerados:
Históricos – Que tipos de emergências ocorreram na comunidade como:
• Incêndios.
• Inundações.
• Acidentes de transportes.
• Problemas prediais apresentados pela edificação.

Geográficos – O que pode resultar da localização? Tenha em mente:
• Proximidade de áreas inundáveis.
• Proximidade de indústrias ou comércios que produzam, armazenem ou transportem produtos perigosos.
• Proximidade de grandes rotas de transporte, portos ou aeroportos.

Tecnológicos – o que pode resultar de uma falha do processo ou do sistema? As possibilidades incluem:
• Incêndios, explosões e vazamentos com produtos perigosos.
• Falhas dos sistemas de segurança.
• Falhas na telecomunicação.
• Falhas no sistema de computação.
• Falhas nos sistemas de aquecimento/ resfriamento.
• Falha no sistema de notificação de emergência.

Erros humanos – Que emergências podem ser causadas por erros dos funcionários? Os empregados são treinados para trabalhar com segurança? Eles sabem o que fazer em uma emergência? Uma ação errada de um funcionário em uma emergência pode agravar a situação. Erro humano é a maior causa de emergências nos locais de trabalho e podem resultar de:
• Treinamento deficiente.
• Manutenção deficiente.
• Negligência.
• Imprudência.
• Abuso de drogas.
• Fadiga.

Físicos – Que tipos de emergência podem resultar de projetos construtivos ou das construções na empresa? Que aspecto físico realça a segurança? Considere:
• A construção física das instalações.
• Processos perigosos.
• Instalações para armazenamento de combustíveis.
• Layout do equipamento.
• Iluminação.
• Rotas de escape e saídas de emergência.
• Proximidade de áreas de proteção ou abrigo.

Regulamentos – Que emergências ou riscos de acidentes o usuário da edificação pode lidar? Analise cada emergência potencial do início ao fim. Considere o que pode acontecer como resultado de:
• Acesso proibido às instalações.
• Falta de energia elétrica.
• Perda das linhas de comunicação.
• Ruptura de adutoras de gás.
• Danos devido à água.
• Danos devido à fumaça.

• Danos estruturais.
• Contaminação do ar ou da água.
• Explosões.
• Colapso da estrutura.
• Pessoas enclausuradas.
• Acidentes envolvendo produtos químicos, físicos nucleares e biológicos virulentos.

Estime as probabilidades:

Na coluna da probabilidade avalie a probabilidade da ocorrência de cada emergência. É uma avaliação subjetiva, mas útil. Use uma escala de 1 a 5 sendo 1 a probabilidade mais baixa e 5 a mais alta.

Avalie o potencial impacto humano:

Analise o potencial de impacto de cada emergência. Verifique a possibilidade de morte ou ferimentos. Assinale um valor na coluna de impacto humano na matriz de análise de vulnerabilidade.

Avalie o potencial impacto material:

Considere o potencial de danos materiais. Assinale um valor na coluna de impacto material. Considere:
• Custo de reposição.
• Custo de uma reposição temporária.

Avalie o potencial do impacto nos negócios:

Considere o potencial de perda da fatia no mercado. Designe um valor na coluna Impacto nos Negócios. Avalie o impacto de:
• Interrupção dos negócios.
• Impossibilidade dos empregados virem ao trabalho.
• Impossibilidade dos clientes virem para a empresa.
• Não cumprimento dos contratos da empresa.
• Imposição de multas, penalidades ou custos legais.
• Interrupção de suprimentos críticos.
• Interrupção da distribuição de produtos.

Avalie os recursos internos e externos:

Avalie os recursos e a capacidade de resposta. Dê um valor para seus recursos internos e recursos externos. Quanto melhor forem os recursos menor será a pontuação para esse item. Para facilitar considere cada emergência potencial do início ao fim e cada recurso que seria empregado para responder. Para cada emergência faça estas perguntas:
• Quais os recursos necessários para se ter capacidade de resposta adequada?
• Os recursos externos serão capazes de nos responder nesta emergência tão rápido quanto precisamos?

Se as respostas forem sim, inicie uma nova avaliação. Se for não, identifique o que pode ser feito para corrigir o problema e considerar o que se segue:
• Desenvolver procedimentos adicionais de emergência.
• Realizar treinamentos adicionais.
• Adquirir equipamentos adicionais.
• Estabelecer planos de auxílio mútuo.
• Estabelecer acordos e contratos com empresas especializadas.

Adicione as colunas:

Some os valores para cada emergência. Quanto menor o escore melhor. Embora essa seja uma avaliação subjetiva, a comparação irá ajudá-lo a definir prioridades de planejamento e para alocação de recursos o que será objeto dos itens seguintes.

4.3. PASSO 3: DESENVOLVER O PLANO

Graças aos estudos e levantamentos feitos para preencher a matriz, o analista já tem uma boa idéia sobre as possíveis emergências possíveis e os recursos existentes para enfrentá-las. A elaboração do plano aborda duas grandes áreas: a) os componentes do plano; b) processo de desenvolvimento, discriminados a seguir:

a) os componentes do plano

Sumário executivo:

Este sumário permite que analista se expresse claramente:

- O propósito do plano.
- A política de gerenciamento de emergências das instalações.
- Autoridade e responsabilidades das pessoas-chave.
- Os tipos de emergência que podem ocorrer.
- De onde serão gerenciadas as operações de emergência.

Elementos do gerenciamento da emergência:

Esta parte do plano descreve, brevemente, os elementos centrais do plano de emergência das instalações, que são:

- Direção e controle.
- Comunicações.
- Segurança à vida.
- Proteção ao patrimônio.
- Alcance da comunidade.
- Recuperação e restauração.
- Administração e logística.

Esses elementos, que são descritos em detalhes adiante, na parte referente ao gerenciamento da emergência, são as bases dos procedimentos que serão seguidos para proteger as pessoas e equipamentos e assumir as operações.

Procedimentos de resposta de emergência:

Em uma emergência o que cada pessoa quer saber é: "Qual é o meu papel?", "Para onde devo ir?". Os procedimentos esclarecem como se irá responder a uma emergência nas instalações. Desenvolva os procedimentos necessários na forma de check-lists, de modo que possam ser acessados, rapidamente, pelos escalões superiores da empresa, pelo pessoal de resposta e pelos funcionários. Determinem quais são as ações necessárias para:

- Avaliar a situação.
- Proteger empregados, clientes, visitantes, equipamentos, registros vitais, e outros valores, principalmente nos três primeiros dias.
- Manter a empresa funcionando e aplicar planos alternativos para os negócios em andamento.

Procedimentos específicos podem ser necessários para diferentes situações como falta de água, energia elétrica, inundações, acidente de trânsito, ameaça de bomba, sempre de modo gradativo de ameaças e vulnerabilidades locais. Verifique funções como:

- Avisar empregados e clientes.
- Comunicação com equipes de resposta próprias e da comunidade.
- Fazer a retirada e conferência de pessoas nas instalações.
- Gerenciar as atividades de resposta.
- Ativar e operar o Centro de Operações de Emergência (COE).
- Combater incêndios.
- Paradas das operações.
- Proteger arquivos/ registros vitais.
- Restaurar as operações.

Documentos de apoio:

Na emergência, o coordenador precisa ter rápido acesso a muitas informações e por isso o plano deve incluir:

• Listas de chamada de emergência – listas (de bolso, se possível) de todas as pessoas do local e de fora do local que possam ser envolvidas na resposta a uma emergência, suas atribuições e seus telefones disponíveis nas 24 horas.

• Plantas e mapas da edificação indicando todos os aspectos que forem considerados necessários como:

- o Fechamento das utilidades.
- o Hidrantes.
- o Linhas de gás e combustíveis.
- o Localização de cada edificação.
- o Rotas de escape.
- o Áreas restritas.
- o Produtos perigosos.
- o Bens de alto valor.

• Lista dos recursos – lista dos principais recursos que podem ser necessários numa emergência, plano de auxílio mútuo, órgãos governamentais.

b) O "processo de desenvolvimento"

Para que o PE se materialize são necessárias as seguintes ações:

• Identificar os desafios e priorizar as atividades.

• Identificar metas e etapas.

• Elaborar uma lista indicando quem executará que tarefas e quando.

• Equacionar as áreas problemáticas e as faltas de recursos detectadas na análise de vulnerabilidade.

Escreva o plano:

Estabeleça que cada parte do plano seja escrita por um funcionário do grupo. Determine o formato mais adequado para cada departamento ou seção da empresa. Estabeleça um cronograma "agressivo" com metas específicas. Dê tempo adequado para a execução das tarefas, mas não demasiado que permita demoras. Estabeleça um cronograma para as seguintes etapas:

• Primeira minuta.

• Análise.

• Segunda minuta.

• Simulados (treinamento de atendimento de acidentes com emprego de teatralização, jogos de mesa, programas de computadores, dinâmicas em salas de aula).

• Simulacros (treinamento de atendimento de acidentes com emprego de veículos de emergência e profissionais do setor em atividades de campo).

• Versão final.

• Impressão.

• Distribuição.

Estabeleça um programa de treinamento

Defina uma pessoa ou um departamento para ser responsável pelo programa de treinamento referente ao plano de emergências. Detalhes sobre o treinamento podem ser obtidos no Passo 4.

Continue a coordenar com organizações externas

Encontre-se periodicamente com órgãos governamentais e organizações da comunidade. Informe aos órgãos apropriados que você está criando um plano de gerenciamento de emergências. Mesmo que não seja necessária aprovação deles, eles podem dar valiosas sugestões e informações.

Verifique as exigências locais e estaduais referente à comunicação e relato de emergências e as incorpore nos procedimentos.

Estabeleça um protocolo para que as respostas dos órgãos externos ocorram com a maior rapidez e coordenação possível. Alguns detalhes que devem ser considerados:

- Que portão ou entrada as unidades de resposta usarão?
- A quem elas se reportarão?
- Como serão identificados?
- Como será a comunicação entre o pessoal das instalações e o pessoal da resposta externa?
- Quem será o líder ou coordenador das atividades de resposta externa?

Determine que tipo de identificação as autoridades irão exigir para permitir que as pessoas-chave adentrem tuas instalações durante a emergência.

Mantenha contato com outras divisões da empresa

Caso a empresa seja de grande porte é conveniente que você se comunique com outras divisões para aprender:

- Como são suas notificações de emergência.
- As condições em que seria necessário auxílio mútuo.
- Como os escritórios regionais se apoiariam em caso de emergência.
- Nomes e telefones de pessoas-chave.

Incorpore estas informações no seu procedimento.

Analise, faça treinamentos e revise

Distribua a primeira minuta para a análise dos membros do grupo. Revise quando necessário. Para uma segunda análise faça um exercício simulado com os gerentes e pessoal que tenham funções chave no gerenciamento de emergência. Numa sala ou escritório de gerenciamento de crise ou emergência descreva o cenário da emergência e provoque a discussão dos participantes, quanto às suas responsabilidades e como eles reagiriam àquela situação. Baseado nesta discussão, identifique áreas confusas ou de sobreposição e faça modificações no plano.

Obtenha aprovação final

Marque uma reunião com o mais alto nível da chefia administrativa e a diretoria ou gerencia para obter a aprovação escrita.

Distribua o plano

Coloque o plano final em pastas, numere todas as paginas e cópias. As pessoas devem assinar um comprovante de recebimento e ficam responsáveis por mantê-lo atualizado quanto às posteriores alterações. Verifique quais são as partes interessantes para serem divulgadas aos órgãos governamentais. Alguns assuntos podem ser confidenciais da empresa. Distribua o plano final para:

- O nível mais alto da chefia administrativa e os gerentes.
- Membros-chave do gerenciamento de resposta a emergências.
- Matriz da empresa.
- Órgãos de emergência da comunidade (as partes apropriadas).

As pessoas-chave devem ter uma cópia do plano em suas residências. Informe aos empregados sobre o plano de emergência e a programação de treinamento.

4.4. PASSO 4: IMPLEMENTAR O PLANO

Implementar o plano significa mais do que executá-lo durante uma emergência. Implementar um plano significa executar as recomendações feitas durante a análise de vulnerabilidade, integrar o plano dentro das operações da companhia, treinar empregados e avaliar o plano.

Integre o plano dentro das operações da empresa

O plano de emergência deve se tornar parte da cultura da empresa. Procure oportunidades para despertar a atenção, para educar e treinar pessoal, para testar procedimentos, para envolver todos os níveis de gerência,

todos os departamentos e, conforme o caso, a comunidade no processo de planejamento e para fazer com que o gerenciamento de emergência seja uma parte do dia-a-dia das pessoas. Para verificar se o plano está integrado analise o seguinte:

• Em que grau a diretoria apóia as responsabilidades definidas no plano?

• Os conceitos de planejamento de emergência foram totalmente incorporados pelos setores de finanças e de pessoal.

• Como o processo de avaliação dos empregados e de definição de funções pode incorporar responsabilidades de gerenciamento de emergência?

• Qual a possibilidade de se divulgar as informações sobre a preparação para emergências por meio de jornais da empresa, manuais dos empregados ou correspondências?

• Que tipos de cartazes ou lembretes visíveis seriam úteis?

• As pessoas sabem o que devem fazer em uma emergência?

• Como podem ser envolvidos todos os níveis da empresa na avaliação do plano?

Realize treinamentos

Todos que visitam ou trabalham a empresa deve ter algum tipo de integração com o plano de segurança ou receber treinamento específico. Isso pode incluir conversas e diálogos periódicos com os empregados para analisar procedimentos e treinamentos para o uso de equipamentos pelas equipes de resposta, treinamentos de evacuação e exercícios em escala real.

Considerações sobre o planejamento

Defina responsabilidades para que um plano de treinamento seja desenvolvido. Considere as necessidades de treinamento e de informações para os empregados, terceirizados, visitantes e aqueles com papéis designados no plano. Para um período de 12 meses determine:

• Quem será treinado?

• Quem será o treinador?

• Que tipos de treinamento serão desenvolvidos?

• Quando e onde ocorrerá cada sessão?

• Como cada sessão de treinamento será avaliada e documentada?

Use ou adapte a programação abaixo.

Tabela 3 - Modelo de Plano de Treinamento

ATIVIDADES / MESES DO ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Gerência: orientação e revisão												
Empregados: orientação e revisão												
Terceiros: orientação e revisão												
Comunidade: mídia, orientação e revisão												
Simulados												
Simulacros												
Walkthrough												
Exercícios funcionais												
Exercício de retirada de pessoas em edificações												
Exercício em escala real												

Fonte: FEMA.

Considere como envolver as equipes de resposta da comunidade nas atividades de treinamento. Faça análises após cada atividade de treinamento. Envolva o pessoal e as equipes de resposta da comunidade no processo de avaliação.

Atividades de treinamento

O treinamento pode ser das seguintes formas:

• Sessões de orientação e educação – são discussões programadas regularmente para dar informações, responder a perguntas e identificar preocupações e necessidades.

• Simulados de exercícios tipo jogos de mesa – membros de um grupo de gerenciamento de emergência se reúnem numa sala para discutir suas responsabilidades e como eles reagiriam aos cenários de emergência. Esse é um modo barato e eficiente de identificar áreas de sobreposição e confusão antes de iniciar treinamentos de maior demanda.

• Simulacros com treinamento walkthrough – o grupo de gerentes de emergência e os times de resposta realmente desempenham suas funções de resposta em campo. A atividade envolve mais pessoas e é mais profunda do que o exercício de jogos de mesa.

• Simulacros com exercícios funcionais – estes exercícios testam funções específicas como, por exemplo, resposta médica, notificação da emergência, equipamentos e procedimentos de aviso e comunicações, embora não necessariamente todos ao mesmo tempo. O pessoal é estimulado a avaliar o sistema e a identificar áreas de problema.

• Treinamento de evasão – o pessoal caminha pela rota de retirada de pessoas até o local designado onde é testado o procedimento de conferência. É solicitado aos participantes que façam observações ao longo do caminho sobre o que pode se tornar um perigo na emergência como, por exemplo, obstruções à circulação. Essas observações permitem aperfeiçoar os planos.

• Simulacros em exercício de escala real – é realizada a simulação de uma emergência que seja o mais próximo possível da uma situação real.

Treinamento de empregados

O treinamento geral para todos os empregados deve esclarecer quanto a:

• Papéis e responsabilidades individuais.
• Informações sobre perigos e ameaças e ações de proteção.
• Procedimentos de aviso, notificação e comunicação das emergências.
• Meios de localizar os membros da família em uma emergência.
• Procedimentos de resposta a uma emergência.
• Procedimentos de evasão, abrigo e conferência de pessoas.
• Localização e uso dos equipamentos mais comuns.
• Procedimentos de parada do processo industrial ou comercial.

Os cenários desenvolvidos durante a análise de vulnerabilidade devem ser usados como base para os treinamentos. É o que também recomenda o "Manual de orientações para a elaboração de estudos de análise de riscos" (CETESB, 1994).

Avalie e modifique o plano

Realize uma auditoria formal nas instalações pelo menos uma vez por ano. Entre outros itens considere:

• Como pode envolver todos os níveis de gerenciamento na avaliação e atualização do plano?

• As áreas de problema e a falta de recursos identificadas na análise de vulnerabilidade estão sendo adequadamente tratadas?

• Os planos refletem lições apreendidas nos exercícios e em eventos reais?

• Os membros do grupo de gerenciamento e reposta a emergências compreendem suas responsabilidades? Os novos membros foram treinados?

• O plano reflete as mudanças físicas de layout ocorridas na planta? Reflete os novos processos?

• As fotos e outros registros estão atualizados?

• Os objetivos de treinamento das instalações estão sendo alcançados?

• Os riscos das instalações mudaram?

• Os nomes, funções e telefones estão atualizados?

• Estão sendo dados passos para incorporar o gerenciamento de emergência em outros processos de outra facilidade?

• Os órgãos e organismos da comunidade foram informados do plano? Eles estão envolvidos na avaliação do plano?

Além da auditoria anual avalie e modifique o plano nas seguintes oportunidades:

• Após cada exercício ou treinamento.
• Após cada emergência.
• Quando ocorreram mudanças no pessoal ou nas suas responsabilidades.
• Quando mudou o projeto ou o layout da planta.
• Quando mudaram as políticas ou procedimentos.
Lembre-se de divulgar aos interessados sobre as mudanças e atualizações do plano.

4.5. PASSO 5: GERENCIAR A EMERGÊNCIA

Esta parte trata dos princípios básicos a serem observados por quem estiver no comando das operações de resposta à emergência. Quem estiver no comando da resposta a uma emergência deve inicialmente assumir formalmente o comando e a chefia da ocorrência.

Brunacini (1985) faz várias recomendações que ajudam a organizar a administração da emergência e que também devem ser praticadas nos simulacros. Serão citadas somente duas:

• As sete funções de comando: 1) assumir, confirmar e posicionar o comando 2) avaliar a situação 3) estabelecer, manter e controlar as comunicações 4) identificar a estratégia, desenvolver um plano de ataque e designar equipes 5) organizar o atendimento no cenário da emergência 6) analisar, avaliar e revisar o plano de ataque 7) continuar, transferir e encerrar o comando.

• Elaboração de uma "planilha tática" na qual são assinaladas todas as informações importantes como croquis do local, as frentes designadas para as equipes e comandante de cada equipe.

A base para a identificação do responsável pelo atendimento emergencial surgiu no *Incident Command System* (ICS) nos EUA, nos anos 70, em resposta a uma serie de incêndios florestais da Califórnia. Embora houvesse muitos recursos percebeu-se que a maior dificuldade consistia em coordenar as ações de diferentes órgãos.

Em 1995, a implantação do grupo de trabalho para estudar e implantar o Sistema de Comando e Operações em Emergência (SICOE) do Corpo de Bombeiros de São Paulo para padronizar a tomada de decisão nos casos de: mobilização de recursos internos e externos do corpo de bombeiros; importância estratégica na malha viária de trânsito; que traga como conseqüências pessoas desabrigadas por motivos de calamidade pública; ocorrências com comprometimento do meio ambiente e mananciais.

SICOE tem como objetivo a fixação de responsabilidades das autoridades, que comparecem no local de emergências, permitindo a organização tática e técnica no rápido emprego de recursos.

Na cidade de São Paulo, após as ocorrências de explosão da loja de fogos em Pirituba, da qual foram resgatados quinze vítimas fatais, vinte feridos e trinta e três casas foram destruídas em 1995 e a explosão ambiental em Vila Mariana, da qual foram resgatadas quatro vítimas fatais, dezenove feridos, o SICOE ficou com a atual organização:

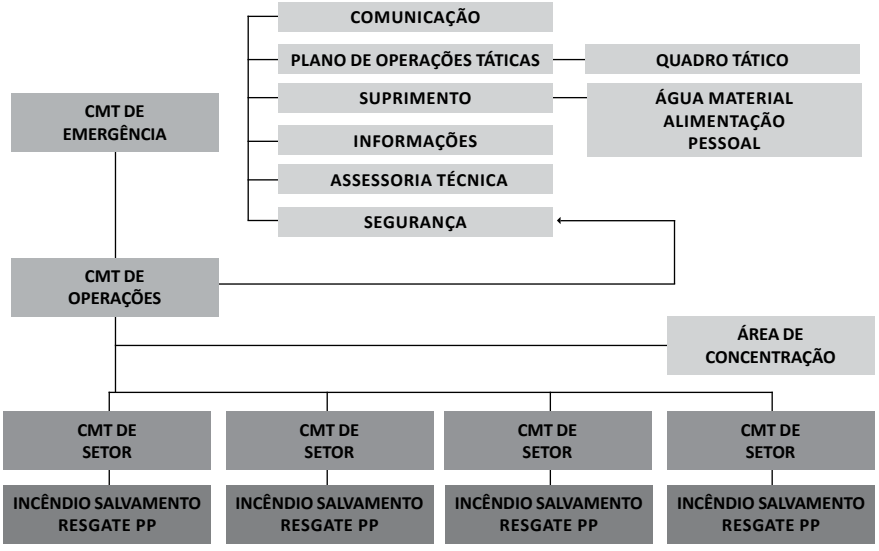


FIGURA 2 - Organograma SICOE. Fonte: Corpo de Bombeiros de São Paulo 2007

As mudanças propostas consolidaram-se nas experiências adquiridas na participação de grandes emergências tais como:

• Incêndio na favela Heliópolis em São Paulo, da qual foram resgatadas quatro vítimas em óbito, dezenove feridos em 1996.

• Queda do avião Fokker 100 da TAM em São Paulo, com cerca de cem vítimas fatais em 1996.

• Incêndio da Indústria Nestlé em 2001, cidade de São Bernardo do Campo.

As respostas às emergências apresentavam vários problemas comuns como: falta de uma estrutura de comando clara, definida e adaptável às situações; dificuldade de estabelecer prioridades e objetivos comuns; falta de uma terminologia comum entre os órgãos envolvidos; falta de integração e padronização das comunicações; falta de planos e ordens consolidados. [5]

O ICS, originalmente desenvolvido para incêndios florestais, mostrou-se apropriado para todos os tipos de emergências e por tal razão a *Federal Emergency Management Agency* (FEMA) passou a recomendá-lo como método de comando de qualquer emergência.

Ao gerenciar o atendimento da emergência deve-se procurar saber:

• Qual é o tipo e intensidade da emergência?

• É um tipo de emergência já prevista no plano de emergência? Em caso positivo, acionem-se as ações antecipadamente ensaiadas. Em caso negativo, deve-se estabelecer um plano de ações para esta situação específica e designar quem deve executar que tarefas.

Alguns fatores devem ser considerados para se definir um cenário previamente para fins de simulacros e no momento da emergência real. Os fatores gerais são: o local, o horário e as condições climáticas. Há os fatores referentes ao tipo de emergência e o prédio ou as instalações por ela atingidas. No caso de um incêndio em prédio pode-se perguntar: qual o pavimento atingido? Existe risco de propagação? Qual é o tipo de construção? Como é o entorno?

Algumas perguntas que podem ser feitas sobre as conseqüências são: existem pessoas em risco? Podem ocorrer danos ao meio ambiente? Quais são os objetos de maior valor que devem ser preservados? Perguntas deste tipo permitem se ter uma idéia da situação existente numa emergência real ou de um cenário de um simulacro. (FwDV 100)

O FwDV 100 apresenta um esquema de três etapas tais como: levantamento da situação, planejamento e designação de tarefas para se combater a emergência. Sua estrutura é semelhante à do famoso ciclo PDCA[6] da área de qualidade total. No entender dos autores o trabalho de Brunacini e a FwDV 100 se complementam muito bem e merecem uma abordagem mais profunda o que não é possível no presente capítulo, mas que deverá ser objeto de uma futura publicação.

FIGURA 3 - Ciclo de planejamento e execução de tarefas
Fonte: Autores. 2007

[5] O Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) conforme Resolução nº. 153/CC, de 12 de dezembro de 2000, com o objetivo de desenvolver estudos e pesquisas para a redução das vulnerabilidades, ações de conscientização, planejamento e administração das adversidades, reconstrução, além de principalmente, em ações que minimizem os seus impactos socioeconômicos. O SCO foi desenvolvido a partir do Incident Command System (ICS), que é uma ferramenta gerencial para comandar, controlar e coordenar as operações de resposta em situações críticas, fornecendo um meio de articular os esforços de agências individuais quando elas atuam com o objetivo comum de estabilizar uma situação crítica e proteger vidas, propriedades e o meio ambiente. Os dados complementares poderão ser obtidos pelo sítio http://www.ufsc.br/

[6] OLIVEIRA (1996) ressalta que as instituições devem estruturar-se, de forma organizada, para que possam aprimorar continuamente. Por isso, OLIVEIRA (1996) recomendou seguir as etapas do ciclo PDCA, em que o P significa planejar (plan), D fazer (do), C verificar (check) e A agir (action).

Para enfrentar essa situação é necessário se ter informações sobre os recursos existentes. Algumas perguntas pertinentes são: qual é a estrutura de comando que se dispõe? Quantas equipes podem ser empregadas? Qual é o grau de treinamento delas? Quais são as viaturas ou equipamentos que se pode utilizar? Que tipo e que quantidade de agentes extintores estão disponíveis?

Evidentemente cada plano será desenvolvido diante das circunstâncias concretas da situação de emergência em andamento, mas existem alguns princípios que facilitam o comando da situação. O comando da emergência basicamente se faz pela Equipe de Gerenciamento da Emergência (EGE) e o pelo Comandante do Incidente (CI).

A EGE é responsável por ter claro o quadro geral da situação, enquanto que o CI se ocupa das operações para controlar a emergência propriamente dita, ou seja, dos aspectos operacionais da resposta, das tarefas que devem ser executadas para controlar a emergência.

A EGE deve ser composta por gerentes com autoridade para:

- Determinar os efeitos de curto e longo prazo da emergência.
- Ordenar a evacuação ou parada da facilidade.
- Estabelecer a interface com organizações externas e a mídia.
- Divulgação dos comunicados oficiais.

Independentemente do tamanho da empresa, deve ser designado um local apropriado para as pessoas que estejam participando da administração da emergência se reúnam.

Esse local, que pode ser denominado Centro de Comando da Emergência (CCE), serve como uma central de gerenciamento das operações de emergência. Nele são tomadas as decisões pela equipe de gerenciamento da emergência com base nas informações fornecidas pelo CI e por outras pessoas.

O CCE deve ser localizado em uma área da facilidade que provavelmente não seja envolvida no incidente, talvez o departamento de segurança, o escritório dos gerentes, uma sala de reuniões ou no centro de treinamento. Um local alternativo deve ser designado na eventualidade do primeiro local não ser utilizável. O ideal é uma área dedicada a isso com equipamento de comunicação, materiais de consulta, diários de atividade, e todo o material necessário para responder rapidamente e apropriadamente a uma emergência.

Segurança patrimonial

O isolamento da cena do incidente deve começar quando a emergência é descoberta. Se possível, o descobridor deve tentar tornar seguro o local e controlar o acesso, mas ninguém deve ser colocado em risco para desempenhar esta função.

As medidas básicas de segurança incluem:

- Fechamento de portas e janelas.
- Estabelecimento de barreiras temporárias após as pessoas terem saído em segurança.
- Fechamento de arquivos e gavetas.

A execução de tarefas mais específicas de segurança somente deverá ser executada por pessoal treinado. O acesso às instalações, ao CCE e à cena do incidente deve ser limitado a pessoas diretamente envolvidas na resposta.

Coordenação da resposta externa

No Brasil ainda não há uma legislação que defina claramente o comando nos locais de emergência. Os manuais editados pela defesa civil federal sobre desastres naturais, humanos, e mistos podem ser consultados pelos interessados para receberem melhorias nos aspectos doutrinários e operacionais. As edições foram organizadas pelo Ministério da Integração Nacional por meio da Secretaria Nacional de Defesa Civil.

Como regra geral o comando das operações deve ser passado para a autoridade pública presente no local. Para que isso ocorra da melhor forma possível é conveniente que se estabeleça antecipadamente um protocolo entre a empresa em que ocorre a emergência e as organizações de resposta externa. O Comandante do Incidente das instalações fornece ao Comandante do Incidente da comunidade, normalmente um oficial do corpo de bombeiros, um relatório completo da situação.

O CI das instalações tem registrado quais organizações estão no local e como a resposta está sendo coordenada. Isso ajuda na "contabilidade" e segurança do pessoal e previne confusões e duplicidade de controle.

Comunicações

As comunicações são essenciais para a o bom andamento de qualquer atividade empresarial. Uma falha nas comunicações pode, por si só, ser um desastre. Comunicações são necessárias para relatar emergências, avisar as pessoas sobre perigos, manter familiares e empregados de folga informados sobre o que está acontecendo, para coordenar as atividades de resposta para manter contato com clientes e fornecedores.

Plano de contingência

Planeje para todas as contingências, desde uma parada temporária até uma total falha de comunicações:

• Considere as funções diárias desempenhadas nas instalações e as comunicações, tanto de voz quanto de dados, que lhes dão apoio.

• Considere o impacto nos negócios se suas comunicações estiverem inoperáveis.

• Como isso pode impactar suas operações de emergência?

• Priorize as comunicações de todas as instalações. No caso de uma emergência determine quais comunicações devem ser restauradas em primeiro lugar.

• Estabeleça procedimentos para restaurar os sistemas de comunicação.

• Fale com seus fornecedores de comunicação sobre suas capacidades de resposta na emergência. Estabeleça procedimentos para restaurar os serviços.

• Determine as necessidades de retaguarda de comunicações para cada função do negócio. As opções incluem mensageiros, telefones, HTs dentre outras opções.

Comunicações de emergência

Considere as funções que tuas instalações podem necessitar desempenhar em uma emergência e o sistema de comunicações necessário para lhes dar suporte. Considere comunicações entre:

• As equipes de resposta a emergências.

• As equipes de resposta à emergência e o Comandante do Incidente (CI).

• O Comandante do Incidente (CI) e o Centro de Comando da Emergência (CCE).

• O CI e os empregados.

• O CCE e as organizações de resposta externa.

• O CCE e as empresas vizinhas.

• O CCE e as famílias dos empregados.

• O CCE e os clientes.

• O CCE e a mídia.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou modelos empíricos consagrados a respeito da administração de emergências diante da ausência de um modelo nacional.

Desse modo, valendo-se de conteúdos destacados na análise de cada modelo, chegou-se aos passos para um processo de elaboração de plano de emergência.

Os autores entendem que este processo de elaboração pode ser melhorado a partir de sugestões com base no atendimento de emergência na realidade nacional, legislação, nos estudos de casos, práticas de simulados e simulacros. Pode-se dizer que o trabalho apresenta elementos básicos para serem criticados e aperfeiçoados pelos interessados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• ABIQUIM. Associação Brasileira das Indústrias Químicas e de Produtos Derivados. *Relatório de Atuação Responsável 2004.* São Paulo: 2004. Disponível em http://www.abiquim.org.br/> Acesso em 17 abr, 2005.

• ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Bombeiro profissional civil.* NBR 14608. Rio de Janeiro: 2005.

• ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Brigada de incêndio – Requisitos.* NBR 14276. Rio de Janeiro: 2006.

• ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Plano de emergência contra incêndio - Requisitos.* NBR 15219. Rio de Janeiro: 2005.

• BRASIL. Ministério da Justiça. Secretaria Nacional de Segurança Pública (SENASP). *Relatório: perfil das organizações de segurança pública*. 2006.

• BRASIL [1981]. Resolução CONAMA nº. 273. *Uso das competências que lhe foram conferidas pela Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Disponível em: <URL:htpp//www.cetesb.sp.gov.br>. Acesso em 30Jun05.

• BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. *Conferência geral sobre desastres: para prefeitos, dirigentes de instituições públicas e privadas e líderes comunitários.* Brasília: 2002.

• BRASIL. *Política Nacional de Defesa Civil.* Resolução nº. 2, de 12Dez94 (DOU de 02Jan95) e Resolução nº 4, de 02Jul99, (DOU de 05Ago99).

• BRUNACINI, A. V. *Fire Command*. National Fire Protection Association. Quincy: 1985.

• CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. *Cadastro de Acidentes Ambientais - CADAC.* São Paulo: 2002. Disponível em <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergenciasquimicas/estatisticas> acesso em 16 mai, 2006

• CETESB. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. *Manual de orientação para elaboração de estudos de análise de risco.* São Paulo: CETESB, 1994.

• COLTEN, Craig E. *Transforming New Orleans and its environs: centuries of change.* University of Pittsburghs Press: 2001.

• DEFESA CIVIL. http://www.ceped.ufsc.br/wsco/globulo/MAterial_Impresso_SCO.pdf Capacitação em Defesa Civil. *Sistema de Comando em Operações – SCO* (pgs 41 e 42).

• FEMA. FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *Emergency Management Guide for Business & Industry.* http://www.fema.gov/pdf/library/bizindst.pdf

• FwDV 100. *Feuerwehrdientsvorschriften*. FwDV 100: Führung und Leitung im Einsatz. www.nassauischer-feuerwehrverband.de/FwDV100.pdf

• FREITAS, Carlos Machado de e outros autores in Acidentes Industriais Ampliados: *Desafios e perspectivas para o controle e a prevenção.* Editora FIOCRUZ: 2000.

• LEAL, O.L. *Coleta e Registro de dados de acidentes com transporte rodoviário de produtos perigosos no Estado de São Paulo: uma abordagem de saúde ambiental.* São Paulo; 2003. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Púbica, Universidade de São Paulo.

• (NFPA). NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. *Disaster/ Emergency Management and Business Continuity Programs (NFPA 1600)*. Quincy, 2004.

• OLIVEIRA, Sidney Taylor. *Ferramentas para o aprimoramento da qualidade.* Colaboração da equipe Grifo. 2ª Edição. São Paulo: Pioneira, 1996.

• SERPA, R. R. *As metodologias de análise de risco e seu papel no licenciamento de indústrias e atividades perigosas.* In: FREITAS, C. M.; PORTO, M. F. S.; MACHADO, J. M. H. (Org) Acidentes industriais ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2000.

• (OSHA). OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION. *Emergency actions plans.* – 1910. 38. http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=9726&p_table=STANDARDS 2001.

• (OSHA). OCCUPATIONAL SAFETY & HEALTH ADMINISTRATION. *How to plan for workplace emergencies and evacuations.* http://www.osha.gov/Publications/osha3088.pdf .

• SORIO, W. Do sítio http://www.guiarh.com.br/z59.htm, acessado em 08.08.07.

XXII
INVESTIGAÇÃO DE INCÊNDIO

Doutor George Cajaty Barbosa Braga
Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

Perita de Incêndio Helen Ramalho de Oliveira Landim
Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal

1. Introdução

Muitos poderiam se perguntar o porquê de se realizar a investigação de um incêndio. A principal razão é descobrir a razão de sua causa e, então, promover ações, informações, recomendações e até mesmo mudanças na legislação de proteção contra incêndio e pânico, para evitar que outras situações similares aconteçam.

Devido ao incêndio ser um problema de grande magnitude em todo mundo, com perdas diretas avaliadas em 0,1% do Produto Interno Bruto (PIB) para países como Japão, Espanha e Polônia, até quase 0,3% do PIB para países como Áustria e Noruega, e mortes de até quatro mil e trezentas pessoas, em 2003, nos Estados Unidos da América [The Geneva Association Newsletter, 2006], é que a investigação desse tipo de ocorrência mostra toda a sua importância.

Esse é um assunto muito amplo e exige estudos aprofundados. A capacitação dos investigadores de incêndio tem de ser consistente e a prática no combate e na investigação permitirá o desenvolvimento de sua condição de investigadores. Antes de começar a averiguar um incêndio, o investigador precisa ter grandes conhecimentos sobre o comportamento do fogo.

O presente capítulo não pretende, nem é capaz, de esgotar o conteúdo. Deixarão de ser abordadas as particularidades dos incêndios florestais e de veículos.

Para buscar um maior conhecimento sobre investigação de incêndios, duas fontes essenciais são o *Kirk's Fire Investigation*, de John D. DeHaan, e o NFPA 921 – *Guide for Fire and Explosion Investigations*, da *National Fire Protection Association*.

2. Atuação do investigador durante o incêndio

Para muitos, a investigação de um incêndio pode ser somente para determinar se foi criminoso ou não. Entretanto, investigações de incêndio têm um sentido mais amplo, que chega até mesmo à engenharia de segurança contra incêndio. Por meio das investigações de incêndio é possível saber se um determinado produto tem defeito de fabricação capaz de originar um incêndio ou que uma determinada prática também concorra para esse tipo de ocorrência. Com base nesse conhecimento, ainda muito incipiente no Brasil, é possível melhorar produtos e atualizar normas de proteção contra incêndio, buscando sempre um aumento da segurança da população.

Apesar de o início da investigação poder ocorrer em qualquer tempo, quanto mais cedo for iniciada, mais informações sobre o seu desenvolvimento e comportamento serão obtidas. De acordo com o Kirk's Fire Investigation [DEHAAN, 2005], a atuação do investigador inicia antes mesmo da extinção do incêndio, uma vez que ele pode obter informações mais precisas sobre o sinistro quando ainda está sendo combatido.

2.1. DURANTE O INCÊNDIO

A presença do investigador na cena do incêndio durante o combate sempre permitirá a obtenção de valiosas informações sobre o seu desenvolvimento, bem como sobre como o ambiente pode ter sido alterado devido à ação dos bombeiros. Ele poderá aproveitar também começar a relacionar as testemunhas e os bombeiros a serem entrevistados e os eventos que estão se sucedendo durante o desenvolvimento e a extinção do incêndio.

2.2. IMEDIATAMENTE APÓS A EXTINÇÃO DO INCÊNDIO

Assim que o acesso ao local do incêndio estiver seguro, embora o ambiente ainda esteja com altas temperaturas, o investigador poderá colher as primeiras impressões de dentro do local sinistrado. Nesse momento ainda não se iniciou a operação de rescaldo, que é o resfriamento de pontos quentes do ambiente, a fim de evitar a reignição do incêndio. Por isso mesmo, em decorrência da preservação da cena, poderá revelar importantes informações a respeito do sinistro.

2.3. DURANTE O RESCALDO

É importante que o trabalho de rescaldo seja o mais criterioso possível, diminuindo ao máximo a quantidade de material removido e até mesmo catalogando o exato local onde ele se encontrava antes de ser retirado. É nessa fase quando boa parte das evidências é destruída, podendo dificultar, ou até mesmo tornar impossível, a investigação do incêndio. Apesar de muitos bombeiros terem noção da importância da preservação do local, a presença do investigador nesse momento reforçará o procedimento, podendo até mesmo orientar a ação realizada pelos bombeiros.

2.4. APÓS O RESCALDO

É a partir desse momento que o investigador tem condições de trabalhar de uma forma mais abrangente e completa. Nessa fase é possível verificar os padrões de queima, bem como a situação do local após o incêndio, procurando evidências que o ajudarão, em conjunto com as entrevistas com testemunhas e bombeiros, a reconstruir a cena e buscar o local de origem do fogo, sua causa e como o fogo se propagou.

Uma das informações primordiais que o investigador deve buscar é o que iniciou o incêndio, tentando compreender e correlacionar os fatos que ocorreram antes e como o incêndio se propagou. Essas informações serão de importância ímpar para a proteção contra incêndio, pois uma investigação bem-feita pode fazer com que normas e procedimentos sejam revistos e atualizados.

3. Método científico da investigação de incêndio

Todo investigador de incêndio precisa desenvolver suas atividades em conformidade com uma metodologia que lhe permita apontar, de forma criteriosa, a causa do incêndio. Isso exige organização, conhecimento e dedicação, definindo suas ações antes mesmo de iniciá-las. Laudos periciais são, não raras vezes, subsídios de decisões judiciais. A metodologia utilizada no laudo permitirá ao magistrado, bem como a todo cidadão a quem possa interessar, a compreensão dos fatos que culminaram com o sinistro. Por isso mesmo, não basta ao perito somente conhecer bem o assunto. É igualmente necessário que saiba se expressar de forma clara e concisa a respeito da investigação.

A seguir serão abordadas as principais ações a serem desenvolvidas na investigação de incêndios.

3.1. PRESERVAR A CENA

Nenhum local de incêndio pode ser devidamente periciado se o cenário original não for mantido para os investigadores. A perícia de incêndio apresenta uma grande desvantagem na preservação dos vestígios em relação a outros tipos de perícia. Enquanto que, em exames de balística, as provas geralmente se mantêm após o evento,

os vestígios decorrentes do incêndio já foram duramente testados pela ação direta das chamas e do calor e o que resta é, não raras vezes, insuficiente para a determinação da causa. Não obstante, a ação dos bombeiros durante o combate também deteriora a preservação total das provas, seja pela ação da água durante a extinção, seja pela movimentação dos escombros para resfriamento dos pontos de calor, durante o rescaldo.

Os investigadores de incêndio precisam ser pessoas com atenção apurada, com conhecimento técnico aprofundado sobre como se processa o incêndio, com suas características e comportamento-padrão, além de saber analisar corretamente os vestígios coletados na cena do incêndio.

A cena precisa ser preservada até uma investigação completa do sinistro, o que pode levar dias, senão meses.

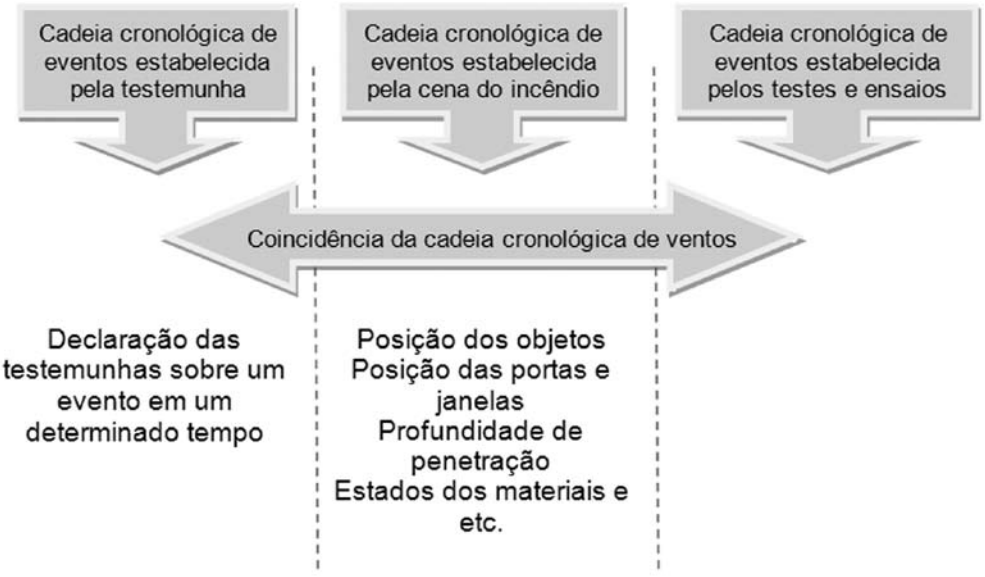


FIGURA 1 - Princípios da investigação de incêndio (Pedersen, 2005)

Segundo Pedersen, a investigação de incêndio segue uma cadeia cronológica de eventos, estabelecido pelas testemunhas, pelo cenário do incêndio e por testes laboratoriais, conforme a Figura 1.

3.2. DEFINIR A METODOLOGIA DA INVESTIGAÇÃO

Ao chegar ao local do incêndio, o investigador deve, primeiramente, delimitar o cenário a ser analisado, ou seja, o objeto da investigação, bem como relacionar, o mais detalhadamente possível, os óbitos ou as lesões em vítimas (se houver). A avaliação permitirá formular um plano estratégico de trabalho, pelo qual os dados coletados devem possibilitar ao investigador o preparo de um relatório.

Constituem ações metodológicas de uma investigação:

- coleta de informações.
- coleta de amostras para análise.
- escavação dos escombros.
- inspeção das instalações elétricas (disjuntores, fusíveis, condutores e terminais).
- registro fotográfico.
- inspeção visual das áreas atingida e adjacentes.
- reconstituição da cena (com os escombros e com os materiais não queimados).
- verificação da existência de múltiplos focos.

Em todas as ações acima citadas, deve-se primeiramente delimitar quem participará da atividade (testemunhas e bombeiros a serem entrevistados, por exemplo), quando e como será realizada a ação.

É importante lembrar que incêndios com vítimas devem ser periciados em conjunto com a perícia crimina-

lística, a fim de que os trabalhos em campo não prejudiquem uma ou outra perícia. Isso exige esforços em conjunto de mais de uma instituição e, provavelmente, demandará mais tempo de trabalho dos investigadores envolvidos.

3.3. COLETAR O MAIOR NÚMERO DE DADOS POSSÍVEL

O investigador deve buscar coletar o maior número possível de dados sobre o evento, por meio de observação direta, medições, fotografias, testes laboratoriais, estudos de caso e entrevistas às testemunhas. Elas deverão ser qualificadas no relatório, com o maior número de dados a respeito, inclusive endereço e telefone de contato e sua condição de testemunha do incêndio (se proprietário, observador, vizinho, bombeiro, etc.).

As informações obtidas das testemunhas devem ser coletadas primeiramente de forma livre, deixando que o indivíduo fale tudo o que se lembra sobre o evento para, somente depois, serem feitas as perguntas julgadas importantes. Dessa forma, é possível analisar possíveis contradições nos depoimentos e a confrontação com os vestígios ou até mesmo sanar possíveis dúvidas dos investigadores.

O relato dos bombeiros envolvidos no combate também é muito importante para o laudo, uma vez que eles são testemunhas oculares do comportamento do incêndio. Por serem os primeiros agentes públicos a chegar ao local e ainda por poderem alterar a cena original por necessidade do combate ao incêndio, os bombeiros podem informar aos investigadores dados importantes como: quebra de janelas, abertura de portas ou feitas nos tetos e paredes, técnicas e procedimentos de combate adotados, inclusive de ventilação (uma vez que afeta sobremaneira o comportamento do calor e das chamas); conseqüentemente, a integração entre os investigadores de incêndio e os combatentes que atuaram no incêndio deve ser a maior possível.

É importante que, nos casos de coleta de depoimentos de vítimas hospitalizadas ou em condição de trauma psicológico decorrente do incêndio, os investigadores se assegurem, pela medida do bom senso, que elas estejam em condições de falar a respeito. Medicações fortes podem alterar o quadro mental da vítima e dificultar ou confundir lembranças a respeito do sinistro.

A análise de toda a edificação, inclusive das áreas não atingidas, deve ser considerada pelos investigadores. Isso porque, em alguns casos, a fonte de calor que originou o incêndio não se encontra no ambiente sinistrado, podendo ter sido trazida por meio de fossos de ventilação, sistema de ar condicionado, dutos técnicos, escadas ou janelas.

FIGURA 2 - Incêndio em residência causado por cigarro atirado pela janela de um pavimento superior ao da residência sinistrada

Na Figura 2, a cortina atingiu o ponto de ignição, propagando-se para a parte superior do sofá de três lugares encostado à janela.

3.4. ANALISAR OS DADOS

Todo levantamento de dados sobre o incêndio visa assegurar, de forma objetiva, se os vestígios, inclusive o depoimento das testemunhas, são verídicos e harmônicos entre si.

O investigador precisa utilizar sua experiência e conhecimentos a fim de concatenar os vestígios coletados e definir o comportamento do incêndio. É importantíssimo que conheça bem como se comporta o incêndio nos diversos tipos de edificação, a fim de melhor compreender os vestígios encontrados na cena do incêndio. Por isso mesmo, em vários países, investigadores de incêndios são bombeiros com grande experiência de combate.

A análise do comportamento do incêndio será abordada mais adiante.

3.5. LEVANTAR TODAS AS HIPÓTESES POSSÍVEIS RELACIONADAS À ORIGEM DO FOGO E AO SEU DESENVOLVIMENTO

Depois da análise dos dados obtidos, os investigadores devem relacionar, uma a uma, todas as hipóteses possíveis quanto à causa que estejam em conformidade com os vestígios e com o relato das testemunhas. Em princípio, na investigação em que não foi possível estabelecer qual foi o comportamento do fogo, nenhuma hipótese pode ser descartada. Todas as possibilidades devem ser consideradas, a fim de que não restem dúvidas, ao final dos trabalhos, de como se originou o sinistro.

É importante lembrar que um mesmo comportamento desenvolvido pelo calor e pelas chamas pode admitir mais de uma possibilidade de causa.

3.6. TESTAR AS HIPÓTESES LEVANTADAS

Por método dedutivo e levando-se em consideração experiências anteriores, as hipóteses devem ser testadas uma a uma, em comparação com o comportamento do incêndio e com os vestígios existentes. Essa fase visa excluir todas as outras possibilidades de causa que não possuem sustentação nos vestígios.

É uma fase que demanda tempo e esforço por partes dos investigadores e pode exigir uma coleta de dados adicional, novas informações das testemunhas e o desenvolvimento ou a alteração das hipóteses. Conseqüentemente, os passos 4, 5 e 6 se repetem até não haver discrepância entre as hipóteses e for possível apontar a causa.

Tudo o que não puder ser comprovadamente eliminado deve continuar sendo considerado como possível e os investigadores necessitam admitir também esta condição.

3.7. SELECIONAR A HIPÓTESE PROVÁVEL

Também conhecida como a fase da conclusão ou opinião dos investigadores, esse passo visa levantar a hipótese provável, baseada em uma confrontação harmônica entre os vestígios coletados e as informações das testemunhas. Quando uma hipótese consistente é confrontada harmonicamente com as evidências e, conseqüentemente, pode se tornar a hipótese final, o laudo pode apontar a causa do incêndio. Se isso não for possível, a causa deve ser considerada indeterminada ou, como adotada oficialmente por algumas instituições, causa não-apurada.

4. Princípios da técnica de investigação

Toda investigação de incêndio necessita, por parte dos investigadores, da compreensão do comportamento da queima e da dinâmica do incêndio. Após a definição destes dois elementos, que devem ser relacionados de forma clara e concisa, os investigadores podem tipificar a causa.

4.1. CARACTERÍSTICAS DA QUEIMA

O incêndio inicia-se em um determinado ponto, conhecido como foco inicial, e assume, normalmente, uma queima radial e ascendente. O ambiente em que o foco inicial se encontra é denominado zona de origem do incêndio.

Geralmente o incêndio se propaga em forma de raio, do centro para fora, quando o vento não é significativo; conseqüentemente, as marcas de queima no foco inicial são mais profundas exceto se as chamas se propagarem para um material mais combustível.

FIGURA 3 - Exemplo de queima radial

Na seqüência de fotos a seguir é possível observar a queima radial de um cigarro em um forro de papelão prensado utilizado como teto falso e a queima em profundidade no foco inicial, em forma de "V" na última foto.

A característica de queima em "V" na profundidade do material, principalmente da madeira, ocorre em decorrência das altas temperaturas atingidas pelas incandescências (brasas), que costumam ser da ordem de 1.000 °C.

Na Figura 4 é possível observar a queima da porta, com marca mais profunda da madeira (queima em "V") apontada pela seta. É possível também notar que o ambiente quase não teve presença de fuligem, dado o alto grau de combustão do GLP.

Se há corrente predominante de vento na combustão, a queima deixa de admitir uma forma radial para a forma cônica na direção do vento.

FIGURA 4 - Incêndio em residência causado por vazamento de gás liquefeito de petróleo (GLP) dentro de compartimento sob o fogão

FIGURA 5 - Incêndio florestal

A Figura 5 mostra a direção do vento marcada pela seta branca. É importante lembrar que, mesmo a combustão ocorrer mais facilmente a favor do vento, o material combustível continua queimando contra o vento, só que em uma velocidade menor.

FIGURA 6 - Incêndio em uma capotaria em Taguatinga - Distrito Federal, no ano de 2005

A Figura 6 mostra a interferência do vento nas chamas, propagando o incêndio para a lateral do ambiente; conseqüentemente, as marcas da combustão serão mais intensas nesse local.

Investigações de incêndio delimitam primeiramente a zona de origem do incêndio para, a partir daí, determinar o foco do incêndio. Por isso mesmo, o investigador deve analisar a cena do incêndio, primeiramente de forma macro, o mais externo possível, para somente após iniciar o trabalho de delimitação da zona de origem e, posteriormente, do foco do incêndio.

FIGURA 7 - Incêndio em canteiro de obras de edifício da Asa Norte, Brasília, causado pela ação de uma desconexão da mangueira de gás liquefeito de petróleo (GLP) do fogareiro quando em utilização

O exemplo ao lado mostra um incêndio em barraco com marcas típicas de combustão sem interferência de corrente de ar significativa, com queima radial e ascendente. Na figura, a seta indica onde se encontrava o foco inicial, no centro da área atingida, e as marcas amarelas apontam a forma da queima.

É importante que os investigadores saibam diferenciar vestígios de múltiplos focos, que apontam para incêndio criminoso, de vestígios de incêndio generalizado (flashover). Os vestígios gerados em um incêndio generalizado apresentam marcas de queima superficial em todos os materiais existentes no ambiente, uma vez que todo ele esteve envolto em chamas, além de maior destruição da parte superior do ambiente, dadas as altas temperaturas atingidas na camada de fumaça.

4.2. COMPREENSÃO DA DINÂMICA DO INCÊNDIO

A compreensão da dinâmica do incêndio permite aos investigadores analisar corretamente seus vestígios. Apesar de cada incêndio possuir particularidades, há um padrão de comportamento entre os incêndios ocorridos em ambientes com características construtivas e cargas de incêndio semelhantes.

De acordo com Lilley [LILLEY, 1997], uma boa compreensão das fases de um incêndio pode ajudar ao investigado a entender o que aconteceu em um incêndio.

Fase inicial

É a fase incipiente do incêndio, com temperatura no teto de aproximadamente 40 °C. Após as chamas aparecerem o incêndio cresce rapidamente.

O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nessa fase:

- É fácil verificar o padrão de queima em "V" no foco inicial.
- É fácil encontrar o foco inicial e, conseqüentemente, a causa.
- A maioria dos vestígios ainda está intacta.

Fases crescente e totalmente desenvolvida

Nessas fases o incêndio torna-se mais intenso à medida que mais materiais participam da queima. Essas são as fases de maior produção de chamas, onde a temperatura no teto está acima de 700ºC.

O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nessas fases:

- Marcas de fuligem por chama nas paredes.
- Padrão de queima em "V" mais evidente em materiais combustíveis, como paredes de madeira.
- A carbonização é maior na zona de origem se comparada com outros ambientes adjacentes.
- O exame dos objetos no ambiente sinistrado ajuda a identificar mais facilmente a zona de origem do fogo.
- Derretimento de metais leves, como alumínio.

Fase final

Nesta fase o combustível torna-se mais escasso, a queima em chamas é menor e a presença de incandescência é maior.

O que o investigador pode verificar em um incêndio que foi combatido ainda nessa fase:

- Marcas de fuligem nas paredes que podem estar tão baixas quanto 30 cm.
- O padrão em "V" e os padrões de queima podem estar ocultos em decorrência da carbonização.
- Quanto mais longa for a queima, menos evidências estarão disponíveis.

4.2.1. EDIFICAÇÕES DE ALVENARIA

Edificações em concreto ou tijolo apresentam-se, geralmente, compartimentadas por paredes do mesmo material, como o caso de residências, apartamentos e escritórios. Sua carga de incêndio, normalmente, consiste em mobiliário de madeira e estofados, além de equipamentos eletroeletrônicos.

A queima apresenta-se rápida, porém restrita ao foco inicial ou a um compartimento, haja vista a delimitação do calor e das chamas pelo teto (comumente em laje de concreto) e pelas paredes.

Os pontos atingidos somente pela fumaça apresentarão bastante fuligem, geralmente nas paredes ad-

jacentes ao foco do incêndio, na parte superior e no teto. A fuligem é trazida pela fumaça e suas marcas são de manchas uniformes escuras.

Ponto em que houve chamas apresentam marcas claras, em maior profundidade. Não é raro o descolamento do material de revestimento da parede pela ação do calor.

Edificações compartimentadas por gesso acartonado (*dry wall*) ou divisórias de madeira costumam apresentar combustão mais rápida, causada pela deteriorização do material com o calor.

4.2.2. EDIFICAÇÕES DE MADEIRA

Edificações de madeira típicas de favelas são constituídas, normalmente, de telhado de fibrocimento e paredes de madeirite, que é de fácil combustão. É comum o abastecimento irregular de energia elétrica (gatos) ou uso cotidiano de velas, o que aumenta o risco de um sinistro.

Apesar de a carga de incêndio aproximar-se bastante da carga de incêndio das edificações em alvenaria de concreto ou tijolo, a queima aqui apresenta-se extremamente agressiva, atingindo altas temperaturas em um espaço de tempo reduzido; conseqüentemente, os vestígios para a perícia também são drasticamente reduzidos ou comprometidos face o alto grau de destruição da edificação.

A fumaça e os gases quentes produzidos pela combustão sobem, atingem o teto e espalham-se para os lados. Ao se deparar com as paredes, a fumaça desce em movimento circular, aquecendo os materiais presentes no ambiente por convecção e radiação térmica, enquanto as chamas do foco inicial continuam propagando o incêndio radialmente por condução. Se o processo não for interrompido, em alguns minutos o ambiente estará envolvido em chamas pela generalização do incêndio, também conhecido como *flashover*.

Testes laboratoriais japoneses mostraram que, para a propagação das chamas em um compartimento, o material de acabamento da edificação influenciará significativamente no teto e pouco nas paredes.

No caso da edificação em madeirite, esse processo inicia também a destruição do telhado (que, apesar de não propagar chamas, é pouco resistente ao calor e trinca, caindo no ambiente) e a combustão das paredes, levando a uma carbonização do material atingido e a destruição total do ambiente.

4.2.3. TIPOS DE CAUSA DE INCÊNDIO

As causas possíveis de incêndios são mais comumente tipificadas em: fenômeno termoelétrico, fenômeno natural, fenômeno químico, origem acidental e ação pessoal. A ação pessoal pode ser ainda subdividida em acidental, intencional ou indeterminada. Algumas instituições adotam a indicação de causa decorrente de ação de criança. Existe ainda a situação em que a causa não pode ser apontada.

4.2.3.1. FENÔMENO TERMOELÉTRICO

Compreende todo incêndio causado por mau funcionamento da corrente elétrica: centelhamento, desconexão parcial, sobrecarga, contato imperfeito, grafitização, curto-circuito e sobretensão.

4.2.3.2. FENÔMENO NATURAL

Representa todo incêndio cuja causa está relacionada com comportamentos da natureza ou anomalias da edificação: queda de raio, vendaval, deslizamento, desmoronamento, terremoto. Esse tipo de causa também comporta a combustão natural, como o exemplo do fósforo branco.

4.2.3.3. FENÔMENO QUÍMICO

Toda causa de incêndio relacionado a uma reação química, espontânea ou induzida é tipificada nessa causa. Geralmente, envolve uma reação exotérmica, ou seja, com liberação de calor, causado pela combinação de substâncias químicas.

4.2.3.4. ORIGEM ACIDENTAL

Compreende toda causa relacionada a defeitos de funcionamento, fagulha ou acidente. Isso compreende possíveis deficiências de maquinários e equipamentos, o que permite, por meio do levantamento de dados desta origem, solicitar, junto aos fabricantes, a correção de mau funcionamento de eletrodomésticos e eletroeletrônicos.

4.2.3.5. AÇÃO PESSOAL INTENCIONAL

Também conhecido como incêndio criminoso, esse tipo de evento envolve dolo, ou seja, intenção de causar o incêndio.

Geralmente, é caracterizado pela presença de múltiplos focos iniciais, comportamentos de queima anômalos ou presença de agentes aceleradores, mais comumente, hidrocarbonetos (gasolina, álcool, querosene). Pontos com agentes aceleradores apresentam, na maior parte das vezes, marcas de queima em maior profundidade e seus vestígios podem ser analisados por meio de testes laboratoriais. Para isso, é necessário que o perito saiba coletar e acondicionar corretamente a amostra, sob pena de perder os traços deixados pelo agente acelerador.

Investigação de incêndio que envolva ressarcimento de prejuízo por meio de seguro deve considerar essa possibilidade até que possa descartada pelos vestígios. Incêndios criminosos com intenção de receber o valor assegurado não são tão raros quanto deveriam.

4.2.3.6. AÇÃO PESSOAL ACIDENTAL

É toda origem de incêndio decorrente de ação humana sem dolo, ou seja, sem intenção de causar dano. Geralmente, é conseqüência de negligência, imprudência ou imperícia, por exemplo, velas esquecidas acesas, cigarros mal apagados.

4.2.3.7. AÇÃO PESSOAL INDETERMINADA

É toda origem, comprovadamente, relacionada à ação humana, porém sem elementos que possam comprovar se a intenção foi dolosa ou acidental.

Em todo tipo de ação pessoal, os investigadores devem ser apresentar qual o agente causador do incêndio: se chama aberta (chama de vela, de fósforo, de chama de fogão, etc.), material incandescente (cigarro, faísca, etc.) ou superfície aquecida. Exemplo de superfície aquecida: vazamento de gás liquefeito de petróleo (GLP) em contato com o forno do fogão aquecido.

4.2.3.8. CAUSA DECORRENTE DE AÇÃO DE CRIANÇA

O fogo costuma atrair a atenção de crianças e, por conseqüência, incêndios envolvendo ação de crianças também são comuns. Esse tipo de classificação, à parte das outras ações pessoais, visa a um levantamento de dados que permita desenvolver campanhas educativas junto à sociedade para prevenção de incêndios que envolvam crianças. Incêndios desse tipo costumam causar queimaduras, quando não levam a óbito, uma vez que o mais comum é que brinquem próximas a sofás ou camas, que queimam fácil e rapidamente devido à sua carga de incêndio. O mais comum é o uso de fósforo, mas isqueiros também são utilizados. Geralmente, a classificação de ação de criança em um laudo pericial é abaixo de oito anos de idade.

Nesses casos, é comum encontrar: palitos de fósforo na zona de origem do incêndio ou espalhados pelo local; ausência da caixa de fósforos ou do isqueiro da residência no local de costume; dificuldade de obter informações mais precisas sobre o incêndio, principalmente da mãe da criança envolvida, por proteção.

4.2.3.9. CAUSA NÃO APURADA

Todas as vezes em que os vestígios existentes não puderem sustentar a causa apontada, depois de seguida a metodologia, o laudo deve apresentar causa não apurada, ainda que os investigadores saibam o que causou o sinistro.

5. Principais informações a serem obtidas para confecção do laudo pericial

Existem dados considerados essenciais em um relatório, seja ele pericial ou técnico. Eles devem ser capazes de informar as principais características do local sinistrado, do incêndio e das vítimas, se houver. Quanto mais informações existirem no laudo, mais ele tende a ser eficiente pelo detalhamento do ocorrido.

5.1. DADOS DA EDIFICAÇÃO

Constituem dados essenciais do local: endereço completo; tipo de edificação (se residencial, comercial, mista, industrial, escolar, de concentração de público, etc.); área total da edificação em metros quadrados; área atingida pelo incêndio em metros quadrados (todos os compartimentos atingidos, inclusive por fuligem); área atingida somente pelas chamas; número de pavimentos da edificação e qual(is) deste(s) foram atingido(s) pelo incêndio; tipo de material construtivo predominante (concreto, tijolo, madeira, madeirite, vidro, etc); se era abastecida por energia elétrica ou não; tipo de cobertura (laje, telhado, etc.); tipo de piso.

Nas investigações de incêndios florestais, a área queimada é mensurada em hectares.

5.2. DADOS DO INCÊNDIO

Constituem dados essenciais do incêndio: data e hora do evento; data e hora da realização da perícia; descrição da zona de origem do incêndio; descrição do foco do incêndio; descrição de como o incêndio se propagou e de como foi a atuação dos bombeiros (viaturas empregadas, quantidade de agente extintor utilizado, tempo de combate e dificuldades encontradas); relação das vítimas (quantidade, idade, condição, motivo da lesão ou óbito e se eram bombeiros em serviço); relato das testemunhas (quem são, o que viram, o que presenciaram, etc.); considerações finais (principais observações em relação às possíveis causas levantadas e a correlação dos elementos obtidos, de forma que seja possível compreender o que ocorreu e porque não seria outra causa senão a apontada); determinação da causa do sinistro.

6. Simulação computacional de incêndio

Na tentativa de determinar a origem de um incêndio, freqüentemente se faz necessária a realização de testes e ensaios que permitam determinar o cenário mais provável. Uma ferramenta importante e muito atual é o modelamento computacional de incêndio, pelo qual se busca comparar o evento real com a simulação de várias causas e cenários diferentes. Obviamente, a simulação não traz em si todas as respostas sobre o incidente, pois é apenas mais uma ferramenta, mas a sua utilização pelo investigador, em conjunto com o seu conhecimento em engenharia de proteção contra incêndio e do método científico de investigação de incêndio, faz com que possam ser obtidos resultados bem consolidados.

A simulação permite a verificação das condições a que um local pode ter sido submetido quando da ocorrência de um incêndio, calculando dados importantes como: temperatura, concentração de gases como oxigênio e monóxido de carbono, tempo para acionamento dos detectores de fumaça e calor e dos *sprinklers*, tempo de queima, entre outros. O objetivo é o de encontrar a causa mais provável do incêndio, mas também permite verificar se o projeto arquitetônico da edificação foi negligente quanto à segurança contra incêndio ou se há falha nos sistemas de detecção e supressão, o que permitiria mudanças necessárias nas normas e códigos de proteção contra incêndio e pânico para evitar que um incêndio similar não aconteça no futuro. Embora todo o embasamento físico e matemático das leis de conservação que governam a transferência de calor, dinâmica de fluidos e combustão já ser conhecido há mais de um século, foi apenas recentemente que o modelamento numérico de incêndio começou a ser possível. Foi criada, então, uma nova realidade na área de investigação de incêndio, fazendo com que fosse possível simular situações que poderiam ter realmente ocorrido, em comparação com as evidências físicas encontradas no incêndio real.

O primeiro modelo a atingir uma grande aplicabilidade, devido à sua simplicidade física e computacional, foi o de duas camadas. Ele é um modelo para simulação de incêndio em ambientes construídos e divide o espaço em dois volumes: a camada superior quente e a camada inferior fria (ver Figura 8). Ele permite o cálculo de distri-

buição de fumaça, bem como altura da camada de fumaça e a sua temperatura por meio dos compartimentos de uma edificação durante um incêndio [JONES et al., 2005]. Um exemplo de ferramenta computacional utilizada para realizar este cálculo é o CFAST, do *National Institute of Standards and Technology* (NIST).

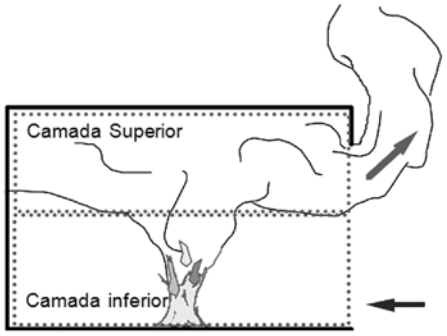


FIGURA 8 - Modelo (FORNEY, 2005)

Mais recentemente, foram introduzidos modelos baseados em dinâmica computacional de fluidos (CFD). Esses modelos se utilizam das equações de conservação das massas, espécies, momento e energia, dividindo-se o ambiente estudado em várias células (ver Figura 9).

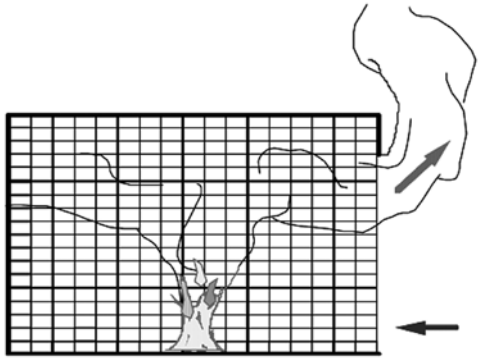


FIGURA 9 - Modelo (FORNEY, 2005)

Um exemplo de programa que utiliza este tipo de modelo é o Fire Dynamics Simulator (FDS), também do NIST. Ele resolve numericamente uma forma das equações de Navier-Stokes apropriada para baixa velocidade, com fluxo termicamente dirigido e com ênfase no transporte de calor e fumaça dos incêndios. Esse tipo de programa permite que sejam avaliadas a dinâmica de um incêndio e o movimento da fumaça por meio de informações sobre temperatura, densidade, pressão, velocidade e composição química em cada célula [MCGRATTAN, 2006]. O programa que permite visualizar em três dimensões os resultados obtidos pelos cálculos do FDS é o *Smokeview,* também do NIST.

Entrando na sua versão 5, o FDS tem se tornado uma ferramenta poderosa para a investigação de incêndios. Desde 1999, ele vem sendo utilizado em alguns casos de grande repercussão nos Estado Unidos para avaliar a dinâmica do incêndio, como nos ocorridos em Cherry Road/DC, que vitimou dois bombeiros [MADRZYKOWSKI e VETTORI, 1999] e na boate *Station Nightclub*, na qual mais de cem pessoas morreram e duzentos ficaram feridas [GROSSHANDLER et al., 2005].

No Brasil, atualmente está se começando a utilizar o FDS e o Smokeview como ferramenta de auxílio à perícia, como no incêndio ocorrido em 2007 no Distrito Federal e que vitimou duas crianças, deixando seriamente ferido mais uma pessoa. O incêndio aconteceu em um barraco de madeira de cômodo único, contendo: um sofá (em marrom), uma cama de casal (cor branca), um armário (em vermelho), um berço conjugado com uma cômoda (em amarelo), outra cômoda (marro escuro) e um armário de televisão (amarelo escuro), como mostrado na figura 10. O modelo foi construído levando se em consideração a geometria da construção e as propriedades térmicas dos materiais utilizados, permitindo visualizar como pode ter ocorrido o incêndio. Dentre os vários cenários possíveis, dois possuíam maior possibilidade de origem: um com a fonte de calor perto do berço e outro próximo ao sofá (ver setas laranjas na Figura 10).

FIGURA 10 - Desenho esquemático do barraco, mostrando os possíveis focos (setas) na figura à esquerda (vista superior), enquanto à direita é possível visualizar a vista lateral do barraco

O modelo computacional foi comparado com as marcas de queima encontradas na cena do incêndio e com as informações prestadas pelas testemunhas e bombeiros. Quando os modelos foram executados, as marcas de queima apresentadas no incêndio real ficaram extremamente próximas às marcas verificadas no caso do cenário com a fonte de calor próxima ao berço.

FIGURA 11 - Momento em que ocorre a generalização do incêndio (flashover), com a queima iniciando próxima ao berço

A figura acima mostra a fotografia do barraco, cujas marcas coincidem perfeitamente com o apresentado pelo modelo computacional (ver setas).

Foi possível verificar também que, quando da ocorrência da generalização do incêndio, a temperatura pode ter chegado a mais de 1.000ºC em grande parte do ambiente em um período inferior a oito segundos, conforme Figura 12.

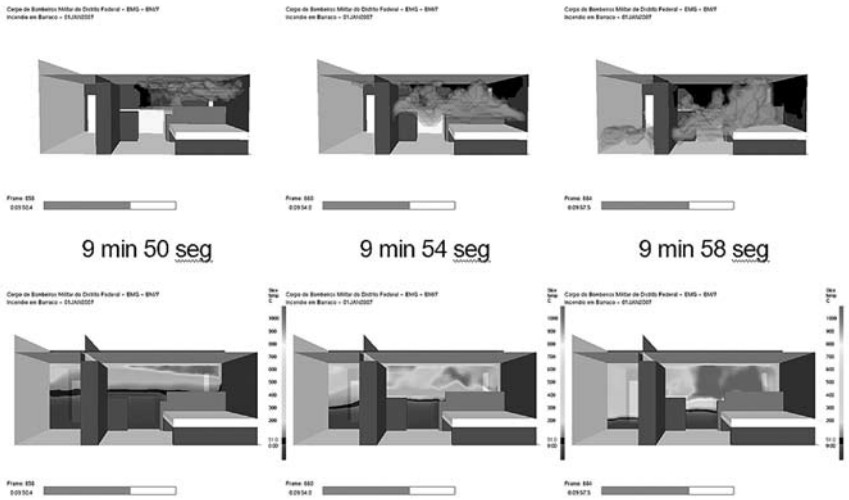


FIGURA 12 - Momento em que ocorre a generalização do incêndio (flashover)

A seqüência ao lado mostra o modelo de incêndio apresentado no barraco em questão sob dois aspectos de observação. Enquanto a superior mostra o comportamento das chamas, a inferior mostra as temperaturas atingidas no ambiente no mesmo tempo avaliado.

Embora o uso desta tecnologia esteja começando, principalmente no Brasil, ela vem se desenvolvendo muito rapidamente. Mais pesquisas sobre o comportamento dos diversos materiais quando expostos ao calor e suas propriedades térmicas permitirão, cada vez mais, criar modelos computacionais precisos, facilitando, sobremaneira, o estudo das ocorrências reais de incêndio, melhorando a prevenção e atualizando as normas de proteção contra incêndio e pânico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal - CBMDF. *Laudo de investigação de incêndio.* 2003.

• DEHAAN J. D. *Kirk's Fire Investigation.* 5ª edição, 2002.

• FORNEY G.P. *Modeling And Visualizing Fire Without Getting Burned.* In: MCSD Seminar / National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, EUA: 2005.

• GROSSHANDLER, W.; BRYNER, N.; MADRZYKOWSKI, D.; KUNT, K. *Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire*. National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, EUA, NISTIR NCSTAR 2: Vol. I, 2005.

• JONES, W.; PEACOCK, R.D.; FORNEY, G.P.; RENEKE, P.A. CFAST. *Consolidated Model of Fire Growth and Smoke Transport.* National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, EUA, NISTIR 1026, 2005.

• LILLEY, D. G. *Fire investigation: Origin, Cause, and Responsibility, Proceedings of the 32nd Intersociety*. Energy Conversion Engineering Conference, Volume 1, pág. 631-635, 1997.

• MADRZYKOWSKI, D.; VETTORI, R. *Simulation of the Dynamics of the Fire at 3146 Cherry Road N.E.* Washington, D.C., May 30, 1999, NISTIR 6510, 2000.

• MCGRATTAN K., Editor. *Fire Dynamics Simulator – Technical Reference Guide National Institute of Standards and Technology.* Gaithersburg, MD, EUA, NISTIR 6467, 2000.

• National Fire Protection Association - NFPA, NFPA 921. *Guide for Fire and Explosion Investigation*. EUA: 2004

• PEDERSEN, K.S. *Fire Investigation.* In: International Symposium on Fire Research, 2005.

• The Geneva Association Newsletter. *World Fire Statistics*. nº 22, outubro de 2006

XXIII
COLETA DE DADOS DE INCÊNDIO

Cap. PM Rogério Bernardes Duarte

Cap. PM Ivanovitch Simões Ribeiro

1. Introdução

O presente capítulo pretende ressaltar a importância da coleta de dados de incêndio, propiciando um melhor conhecimento desse fenômeno que, além de causar grandes prejuízos de ordem material, acaba por ceifar vidas, seja em conseqüência do próprio calor que produz, seja em conseqüência da fumaça que provoca, em muitos casos, asfixia.

Além dos danos causados pelos incêndios, muitos estabelecimentos comerciais e industriais, dentre outros, se vêem também prejudicados com a paralisação temporária de suas atividades, haja vista a necessidade de recuperação dos estoques, linhas de produção ou mesmo das estruturas danificadas pelos incêndios.

Diante dessa realidade e risco potencial de sua ocorrência, parcelas consideráveis de recursos são despendidos pelas seguradoras e resseguradoras na cobertura desses sinistros, alimentadas, obviamente, pelos seguros que são pagos pelas empresas, indústrias, donos de veículos e condôminos, de modo a protegerem seus patrimônios, não obstante existam medidas de proteção ativa e passiva que evitam ou pelo menos minimizam as conseqüências de um incêndio, conseguindo contê-lo ainda numa fase inicial, sem que se propague e assuma grandes dimensões.

Por outro lado, os incêndios florestais estão sujeitos também à ação da natureza, já que as condições climáticas nos períodos de grande estiagem são propícias para o surgimento de alguns focos, muito embora grande parte desses incêndios tenha origem por meio de queimadas "controladas", que ainda são bastante utilizadas na limpeza de pastos, no extermínio de pragas e para novos plantios, apesar de irregulares e, regra geral, ilegais.

A despeito de também existirem medidas preventivas para se evitar ou mesmo controlar os incêndios florestais para que não se propaguem e assumam dimensões incontroláveis, a exemplo de aceiros, limitações de áreas de plantio e brigadas florestais, dotadas de veículos e equipamentos de combate e vigia, a cultura prevencionista nessa área ainda carece de um melhor desenvolvimento e está muito aquém da prevenção que hoje existe na área urbana, mas isso pelas próprias características do Brasil, que não tem a mesma incidência de grandes e duradouros incêndios florestais, de enormes dimensões, como nos Estados Unidos da América e na Austrália.

Mas as conseqüências desse tipo de incêndio, a exemplo do que ocorre na área urbana, também traz grandes prejuízos, agravando a poluição e afetando seriamente o meio ambiente, já que a recuperação da área queimada leva tempo considerável, sem contar a extinção de algumas espécies animais, seja pelos efeitos do incêndio com o calor e a fumaça, seja com o desequilíbrio que provoca no ecossistema afetado.

Nesse contexto, de que o incêndio é uma realidade que deve ser levada em conta no aspecto de segurança pública, na proteção da vida, do meio ambiente e do patrimônio, haja vista sua potencialidade de ocorrer e seu impacto na própria economia, já que também afeta as atividades produtivas, medidas preventivas devem ser cada vez mais estimuladas e aperfeiçoadas, daí a necessidade de uma sistemática adequada na coleta de seus dados, procurando conhecê-lo melhor, verificando por que, como e onde ocorrem os incêndios.

Essa coleta de dados, então, deve ser tão abrangente quanto possível, englobando não só os bombeiros militares, mas também contando com a contribuição das brigadas industriais e outros tipos de brigadas particulares, possibilitando não só a notificação dos casos efetivamente atendidos pelas corporações de bombeiros, mas

também dos casos que não são comumente inseridos nas estatísticas oficiais, revelando, assim, qual a demanda reprimida que existe no país.

Dados estatísticos de alguns corpo de bombeiros do país serão comentados mais adiante, não no sentido de buscar comparação entre as corporações existentes, já que todas são de extrema importância, na proteção que proporcionam à população, mas sim objetivando ilustrar o presente capítulo, demonstrando a importância no aprimoramento da coleta desses dados, que propiciam, sem dúvida, o desenvolvimento de novas tecnologias de prevenção e de combate a incêndios.

2. Importância da coleta de dados de incêndio

A implantação da prevenção de incêndio se faz por meio de atividades que visam a evitar o surgimento do sinistro, possibilitar sua extinção e reduzir seus efeitos antes da chegada do corpo de bombeiros.

As atividades relacionadas com a extinção, perícia e coleta de dados dos incêndios pelos órgãos públicos e privados, visam aprimorar técnicas de combate e melhorar a proteção contra incêndio por meio da investigação, estudo dos casos reais e estudo quantitativo dos incêndios.

Figura 1 - Incêndio (primeiro plano) e combate (segundo plano)

Fonte: Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros da PMESP - 2007.

Em todas as atividades humanas, a preocupação com a mensuração é um fato permanente. Na sociedade capitalista atual, a mensuração da produtividade é um parâmetro importante, não só para medir a capacidade de transformação da matéria-prima em produto acabado, mas também para o estabelecimento de medidas de controle dessa produção, em função da demanda comercial, objetivando o lucro.

No serviço público de um modo geral, que se caracteriza, principalmente, por atividades burocráticas, a avaliação da produtividade é bastante diferenciada. Isso em razão da própria atividade, pois é difícil de ser mensurada de acordo com padrões tradicionais (a atividade de bombeiro, por exemplo, se caracteriza pela relação humana e prestação de serviço público, diferentemente de uma indústria, que manufaturando uma determinada matéria-prima, produz um bem de consumo). A avaliação da produtividade no serviço público é fundamental, até mesmo para justificar a real utilidade do serviço e necessidade de sua existência para a população em geral, que é o seu cliente.

Um controle de qualidade no atendimento prestado é recomendável, pois, por meio dele, pode-se aperfeiçoar, por exemplo, um procedimento operacional, obtendo-se um melhor resultado no atendimento e, conseqüentemente, a maior satisfação da população que, volta-se a frisar, é o cliente.

Outra ferramenta importante a ser empregada na avaliação da eficiência do serviço público é a Estatística[1], que deve ser estruturada em um sistema que permita a utilização de dados confiáveis, pois, a partir daí, por meio da análise desses dados, se poderá ter uma visão panorâmica de como está a instituição pública (no caso corpo de bombeiros) e, a partir disso, buscar o seu aperfeiçoamento.

De acordo com Edil Daubian Ferreira[2], *"a estatística fornecerá elementos para o estudo da descentralização do serviço de bombeiros, da padronização dos equipamentos, do rendimento do trabalho, da estimativa despesa-realizações, da incidência, causas, origens, proporções e localizações dos sinistros etc."*.

No planejamento do corpo de bombeiros é indispensável levar-se em conta a estatística. Para se designar um veículo de combate a incêndio cuja escada possa alcançar sesenta metros de altura há necessidade de se saber se o local para onde o veículo está sendo designado comporta tal equipamento e se a incidência de ocorrências justifica tal medida, pois se uma determinada cidade não tem edifícios altos e muito menos ocorrências de incêndio que exijam tais equipamentos especializados, a alocação de um recurso dessa natureza é desperdício, ou seja, prejuízo.

Outro exemplo seria a colocação de uma viatura de combate a incêndios, onde, de acordo com os dados estatísticos, a incidência só é de salvamento aquático; logo, o ideal seria a destinação de uma viatura apropriada para esse tipo de serviço, com equipamentos adequados (barcos, coletes salva-vidas, bóias etc.), bem como homens especificamente preparados para esse mister (mergulhadores e bons nadadores).

Ora, com esses exemplos acima apontados, já se percebe o quanto é importante dispor de dados confiáveis que, como já foi mencionado, poderá direcionar os recursos recebidos para a compra de materiais adequados de acordo com a tipicidade da região atendida, poderá dar subsídios para a criação ou estimulação de cursos específicos e até mesmo dar campo para promoção de campanhas educativas (na época de maior estiagem, que se verifica no sudeste, no período compreendido entre os meses de julho a outubro, há um aumento considerável nas ocorrências de fogo em mato, sendo conveniente, além da destinação de maiores recursos para esse problema, um trabalho paralelo de conscientização e orientação à população para que as queimadas sejam evitadas).

Além do mais, todas essas variáveis necessárias para um bom planejamento são importantes em razão até mesmo das características geoeconômicas diversificadas, pois, a exemplo do Estado de São Paulo e de outros do Brasil, em razão de sua extensão territorial, existe uma gama enorme de culturas agrícolas, pólos industriais, extensa costa litorânea, grandes centros urbanos com seus "arranha-céus", "cidades-dormitório", enfim, contrastes que devem ser tratados de acordo com suas peculiaridades.

Ratificando a importância da estatística, convém citar abaixo as considerações feitas na apresentação do Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo[3]:

> *"É um instrumento do comando para tomada de decisões e mensuração do trabalho realizado. A análise da freqüência estatística permite entender o comportamento do atendimento operacional e por meio da análise da demanda decidir sobre o emprego de gerenciamento estratégico para:*
> *a. Coletar o conteúdo legal do sinistro, anotando dados oficiais que podem ser objetos de projetos na área de prevenção, legislação, normatização, treinamento e pesquisa.*
> *b. Oferecer informações aos comandantes para mapeamento de área de risco de sua jurisdição, permitindo definir estratégias de prevenção de incêndios e salvamento.*
> *c. Proporcionar informação ao comando do corpo de bombeiros sobre os problemas existentes, de modo a permitir estudos das tendências estatísticas, medir a eficiência das práticas de prevenção e extinção dos incêndios e acidentes em geral, avaliar o impacto dos novos métodos e indicar os aspectos que requerem atendimentos prioritários".*

---

[1] Método que objetiva o estudo dos fenômenos de massa, isto é, os que dependem de uma multiplicidade de causas, e tem por fim representar, sob forma analítica ou gráfica, as tendências características limites desses fenômenos (FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa**. Nova Fronteira. São Paulo, 1995, p. 274).

[2] FERREIRA, Edil Daubian. **Introdução nas Instruções para preenchimento dos Relatórios e Mapas Estatísticos dos Serviços de Bombeiros** – Força Pública do Estado de São Paulo, São Paulo: 1964.

[3] Anuário Estatístico do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, referente aos dados de 2006. Apresentação feita pelo então Comandante do Corpo de Bombeiros, Cel PM ANTONIO DOS SANTOS ANTONIO. São Paulo, 2007.

Importante notar nessa citação que a estatística, além de tudo, permite também o desenvolvimento de cenários prospectivos, com base nas tendências futuras que se verificam nos dados coletados em campo.

Não há dúvida que a estatística é uma ferramenta extremamente útil que se pode ter às mãos, porém, a análise dos dados estatísticos deve ser feita de maneira criteriosa, caso contrário estará se analisando um conjunto de números que não dizem nada. Para ilustrar o que acaba de ser mencionado, existe, de um modo geral, o exemplo do número de ocorrências atendidas pelo corpo de bombeiros anualmente, em que, num primeiro momento percebe-se um aumento considerável de atendimento ano a ano, dando-se a impressão que a eficácia do bombeiro está prejudicada, pois, ao invés de diminuir, o número de atendimentos está aumentando. Porém, analisando-se com maior cuidado, pode-se chegar à conclusão que isso está ocorrendo em razão do aumento do número de viaturas em atendimento, aumento da população e maior divulgação dos serviços prestados pelo corpo de bombeiros, entre outros motivos, ou seja, há uma série de fatores a serem analisados.

3. Quesitos importantes no registro da ocorrência de incêndio

Para se obter o banco de dados que propiciará a análise para elaboração de um planejamento, deve-se lançar mão de outra ferramenta, que é o registro da ocorrência.

• Como saber se o procedimento adotado pela guarnição de combate a incêndio foi eficaz?

• Como saber o porquê de determinada edificação ter-se incendiado?

• Como saber o número de vítimas de um incêndio e quantas foram efetivamente socorridas pelos bombeiros e salvas?

• Como saber o custo de um incêndio e o valor das perdas?

Somente por meio do registro pode-se dar respostas a essas questões, após sua análise criteriosa a partir da coleta e tabulação de seus dados.

Existem diversas maneiras de se compor um registro da ocorrência, sendo, a priori, muito mais importante seu conteúdo do que sua forma. Pode ser feito manualmente, por meio de impressos, ou até mesmo de forma automática, por meio do uso de equipamentos apropriados, se bem que o funcionamento automático geralmente se faz preceder por um sistema manual, sendo que se este não funcionar bem, com certeza aquele funcionará pior ainda.

Logicamente que a forma auxilia bastante na coleta dos dados e muito mais na tabulação e análise do seu conteúdo (imagine preencher anualmente o Imposto de Renda num formulário totalmente desconexo e confuso), mas é o conteúdo o mais importante, pois é ele que traz os dados, permitindo a posterior emissão de relatórios estatísticos, cruzando-se as variáveis para a obtenção de análises criteriosas, de modo a permitir a detecção de necessidades de melhoria/investimento.

Aliado ao conteúdo apropriado e forma adequada do registro, além do modo de seu processamento, é fundamental que haja o treinamento daqueles que o preenchem, pois, ainda que sua linguagem seja clara o bastante, a ponto de se tornar óbvia, o constante uso ao longo do tempo, por diferentes usuários, permitirá interpretações diversas, comprometendo a confiabilidade dos dados coletados. Recomenda-se, ainda, que seja feito um controle de qualidade de seu preenchimento, pois, não obstante todo o treinamento e preparo, as pessoas estão sujeitas a cometer falhas.

Cada bombeiro, de acordo até mesmo com a cultura da região onde se encontra, busca um determinado número e tipo de informações que considera mais importante, sendo que as mais comuns são as seguintes:

• **Caracterização da ocorrência:** o bombeiro presta uma infinidade de serviços à população, devendo-se, portanto, caracterizar o tipo de serviço prestado, ou seja, se é uma ocorrência de incêndio, de salvamento, de resgate ou algum outro tipo de atendimento prestado. Na ocorrência de incêndio, convém individualizar o tipo: se de edificação residencial, comercial, industrial etc., que auxiliará na otimização da prevenção de modo particularizado, propiciando o aperfeiçoamento da legislação existente.

• **Data/hora da ocorrência e endereço:** esses dados vão ajudar a identificar onde há maior incidência, em que horário e dia, facilitando o planejamento para a solução de problemas específicos de certos locais.

• **Causa do incêndio:** possibilita identificar quais as causas mais comuns. Combatendo-se as causas, muito

mais fácil será evitar as conseqüências[4]. O conhecimento da causa do incêndio é de extrema importância para o aspecto da prevenção de incêndio, pois por meio do conhecimento das causas de maior incidência, será possível o desenvolvimento de campanhas direcionadas para evitá-las. Incêndios ocorrem, por exemplo, em pequenos acidentes domésticos, seja na utilização de velas próximas a materiais combustíveis, seja na displicência ao cozinhar. Campanhas educativas bem conduzidas podem chamar a atenção para esses aspectos corriqueiros, evitando potenciais incêndios e prejuízos. O conhecimento da causa é importante para o próprio aspecto industrial na produção de alguns materiais. Sabendo-se que um veículo se incendeia por um determinado problema específico em uma de suas peças, ou que um mesmo equipamento elétrico apresenta incidência comum em parcela considerável de incêndios, medidas podem ser tomadas junto aos respectivos fabricantes, para que adotem procedimentos corretivos, buscando evitar o surgimento de novos incêndios.

• **Veículos utilizados e quantidade de bombeiros empregados na ocorrência:** possibilita verificar qual o veículo mais empregado (possivelmente será o primeiro a ser substituído) e quantos bombeiros, em média, são empregados por ocorrência (dá condições de uma melhor distribuição de efetivo e uma escala de serviço mais coerente). Os veículos mais utilizados também devem ser substituídos com maior freqüência, buscando uma renovação constante da frota, caso contrário o orçamento no custeio de manutenção dos veículos mais desgastados será maior.

• **Horários parciais de saída e regresso da ocorrência e quilometragem parcial:** permite verificar qual o tempo gasto para percorrer uma determinada distância e estabelecer o tempo-resposta desde o acionamento do bombeiro até a chegada no local da ocorrência para pronto atendimento. Obviamente o tempo-resposta será variável em função da localização do posto de bombeiros e do horário de deslocamento, principalmente em locais nos quais o congestionamento no trânsito é comum; porém, a média de tempo gasto para atendimento da ocorrência serve inclusive como parâmetro mundial em relação a outros bombeiros do mundo inteiro e reflete, com certeza, o nível de treinamento do pessoal e grau de adequabilidade dos equipamentos. Esse "tempo-resposta" é um indicador importante na estruturação dos serviços de atendimento às emergências, mormente do corpo de bombeiros, pois quanto mais rápido chegar na ocorrência de incêndio, mais fácil será sua extinção e contenção do prejuízos causados pelo calor e fumaça produzidos numa edificação ou outro local sinistrado, além de propiciar um socorro mais eficaz das vítimas envolvidas. Alguns corpo de bombeiros adotaram a utilização de motocicletas para um deslocamento mais rápido até o local do incêndio, principalmente em grandes centros urbanos, nos quais o trânsito é um obstáculo a ser vencido. A rápida chegada dos bombeiros com motocicletas possibilita, não só a adoção das primeiras medidas de combate, mas também o pronto acionamento de outros recursos que sejam necessários (homens, viaturas e equipamentos) em função das dimensões do incêndio verificado, além da estabilização de eventuais vítimas, até a chegada do veículo adequado para o transporte a um hospital.

• **Número de vítimas:** é um dado que demonstra, sem dúvida, a real necessidade e utilidade dos serviços de bombeiros, pois indica o número de pessoas beneficiadas por esse serviço público. O ideal é que além do número, também se procure caracterizar a vítima, por meio de seu sexo, idade, tipo de lesão etc. No tocante às vítimas, é importante ressaltar o grande custo que uma internação representa no sistema de saúde pública. A condução de uma vítima a um hospital envolve custos do atendimento pré-hospitalar, hospitalar, pós-hospitalar e até mesmo previdenciário, levando-se em conta a possibilidade do afastamento de um trabalhador de suas atividades produtivas por um período considerável, o que também reforça a necessidade do investimento na prevenção.

• **Consumo de água:** permite adequar melhor o tipo de veículo a ser empregado. Se há necessidade do veículo do bombeiro comportar mais ou menos água. Possibilita avaliar se a rede de hidrantes públicos é adequada ou não, propiciando melhores condições de planejamento conjunto com as concessionárias para instalação de novos hidrantes ou outros recursos alternativos.

[4] A causa "desconhecida" deve ser evitada ao máximo, já que prejudica, sobremaneira, um estudo mais aprofundado. Obviamente que a constatação legal da causa só será feita por meio de uma perícia de incêndio. A causa a ser apontada pelo bombeiro para fins estatísticos não se refere àquela verificada pela perícia (a não ser pelo corpo de bombeiros que tem essa competência legal), mas sim pelas guarnições que atendem à ocorrência, baseando-se, portanto, no seu conhecimento empírico.

• **Sistemas de proteção existentes na edificação:** permite uma melhor avaliação da área de atendimento em razão da particularidade de cada edificação. Dá condições de se saber se a área de prevenção deve ser otimizada ou não, além de propiciar informações importantes sobre qual ou quais sistemas funcionam melhor e que mais contribuem, efetivamente, no combate a incêndios, dando condições ao desenvolvimento de novas tecnologias e aperfeiçoamentos na fabricação dos sistemas existentes.

• **Histórico da ocorrência:** permite saber se a tática empregada foi a mais adequada, visando sempre a um aprimoramento operacional. Possibilita, também, verificar em que ponto deve haver mais treinamento. Pode indicar alguma falha operacional que deva ser evitada em ocorrências futuras.

• **Equipamentos utilizados:** o bombeiro, na sua atividade diária, utiliza uma infinidade de equipamentos, mas será mesmo necessário comportar diversos equipamentos em um veículo? Isso só poderá ser respondido por meio da análise dos equipamentos efetivamente utilizados no dia-a-dia, servindo, inclusive, de subsídio para que os materiais obsoletos e inúteis sejam descartados e novos equipamentos sejam adquiridos.

Em linhas gerais, esses são os dados comumente utilizados nos relatórios de bombeiros do Brasil. Outros países, a exemplo do Japão, além desses aspectos, também levam em conta outros mais específicos, ligados a área de perícia de incêndio.

Um dado importante e que hoje em dia, pelo menos no Brasil, ainda não é muito adotado, é o que se refere à avaliação do custo de um incêndio e o valor das perdas resultantes de suas conseqüências, tanto em termos de vidas humanas como em prejuízos materiais.

Realmente, alcançar um parâmetro-padrão para se obter essas avaliações é difícil, pois há necessidade de se traçar um paralelo em termos monetários, adotando-se uma moeda-padrão, de preferência estável e cujo valor nominal não se desvalorize no decorrer do tempo.

Outra dificuldade é com relação ao valor de mercado de um determinado bem, pois tanto os bens imóveis quanto os móveis sofrem variações de região a região e de tempos em tempos, sem contar a dificuldade de se avaliar, por exemplo, obras de arte, também sujeitas a incêndio.

Uma solução seria a adoção de tabelas de órgãos afins, de acordo com o bem específico – normalmente ligados a seguradoras, que daria maiores condições de comparação em termos internacionais.

Com relação à vida, o maior patrimônio que uma pessoa tem, ainda que se estabeleçam critérios, sua avaliação nunca espelhará seu real valor, que é inestimável, ainda que se leve em conta o referencial de que determinada vítima se encontrava em idade considerada produtiva ou não.

Um outro aspecto, que também interfere na não avaliação de danos, é o aspecto cultural, pois, diferentemente de outros países, a população brasileira, de um modo geral, não se preocupa em resguardar seus bens, assegurando-os para efeito de ressarcimento quando de sua perda por motivos diversos (roubo, incêndio e outros desastres).

Enfim, que a estatística é algo fundamental para se conhecer o próprio comportamento de uma organização como o corpo de bombeiros, visando ao seu aperfeiçoamento contínuo, por meio de planejamento adequado, não resta dúvida. No entanto, para que se tenha um banco de dados consistente, que possibilite um planejamento com fulcro na estatística, há necessidade de que a ocorrência ou o atendimento prestado seja devidamente registrado por pessoas treinadas e sujeitas a um controle de qualidade, de modo que toda a sistemática implantada, desde o momento em que o solicitante recorra a um telefone para o pedido de socorro até o efetivo atendimento e solução da ocorrência, seja extremamente criteriosa.

4. Norma brasileira para a coleta de dados de incêndio

4.1. INTRODUÇÃO

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), fórum nacional de normalização, instalou, em 1992, uma Comissão de Estudo sobre Estatística de Incêndio junto ao CB-24 – Comitê Brasileiro de Segurança contra

Incêndio. Essa comissão de estudo foi formada com o objetivo de discutir e propor normas brasileiras na área de coleta, processamento e análise de dados de incêndio, que acabou evoluindo para a discussão dessa sistemática não só para a coleta de dados de incêndio, mas de todas as atividades desenvolvidas por órgãos que realizam e registram as atividades desempenhadas por bombeiros.

4.2. BREVE HISTÓRICO

A normalização do sistema de coleta de dados de trabalho de bombeiros visava a uma linguagem única para a coleta e o registro de dados pelos bombeiros de todo o país, pois foi constatada a falta de consistência dos dados existentes, coletados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – até 1990, os quais não estariam cumprindo seu papel de informar sobre a efetividade dos serviços de bombeiros para melhoria da qualidade de vida da população, por meio do exercício de suas atividades principais: prevenção e combate a incêndios, salvamento/resgate, urgência médica e outros serviços à comunidade.

Os dados de incêndios e bombeiros existentes, em nível nacional, foram divulgados pelo IBGE, por meio dos Anuários Estatísticos do Brasil, até 1990, ano em que o levantamento, a pedido do Ministério da Justiça, foi suspenso. Um dos fatores que levaram a essa decisão foi a inconsistência dos dados coletados na década de 80, dificultando o acompanhamento de suas tendências ao longo dos anos. Um estudo realizado no ano de 1986, pelo Departamento de Indicadores Sociais do IBGE, já apontava as dificuldades na obtenção das informações e a falta de registros completos para análise.

As pesquisas sobre incêndios e estrutura do corpo de bombeiros, abrangendo todo o território nacional, tiveram início em 1937, cabendo ao IBGE o levantamento dos dados e atualização dos cadastros de informantes e ao Ministério da Justiça a apuração e a divulgação dos resultados. Constituíam o cadastro de informantes de Incêndio e corpo de bombeiros, as corporações públicas e particulares do corpo de bombeiros e as instituições responsáveis pelos registros de ocorrências de incêndio.

Na série histórica de Anuários Estatísticos de 1937 a 1994, as informações sobre ocorrências de incêndios tornam-se sistemáticas a partir de 1951; os dados sobre efetivos do corpo de bombeiros têm início no ano de 1996; as informações referentes aos municípios das capitais deixaram de ser divulgadas a partir de 1976 e no ano de 1990 os dados foram divulgados apenas para o total do Brasil, sem haver qualquer detalhamento por Estados ou por Municípios.

O primeiro registro encontrado refere-se a incêndios ocorridos em 1936, no Distrito Federal. As modificações mais significativas aparecem em 1982, com a inclusão de incêndios em veículos; sexo das vítimas; dados sobre vítimas da corporação; extensão do incêndio e causa provável.

4.3. A NORMA DE REGISTRO DE TRABALHO DE BOMBEIROS

Em dezembro de 1997 foi aprovada a Norma Brasileira – NBR 14023 – Rregistro de atividades de bombeiros – resultado dessa necessidade de padronização dos dados a serem coletados pelas organizações que se propunham a registrar tais dados de uma forma sistemática, a fim de se obter informações com base comum.

Ressalte-se que a norma é abrangente, ou seja, não se limita à consolidação dos dados de incêndio, mas também às outras ações realizadas pelos bombeiros no seu atendimento às ocorrências, que se enquadram em quatro grandes grupos: combate a incêndio; salvamento; prevenção e auxílio e atendimento pré-hospitalar.

A norma pretendeu incluir o que se considerou **o mínimo indispensável para a obtenção de parâmetros de comparação em nível nacional e internacional**, permitindo liberdade às diferentes organizações para incluírem outros dados para uma melhor análise e diagnóstico de suas situações particulares, de acordo com seus julgamentos.

A norma se aplica a todos os órgãos que realizam e registram as atividades desempenhadas por bombeiros, ainda que privados.

A coleta uniforme de dados permite, assim, o desenvolvimento de um banco de dados padronizado, formando o "Sistema Nacional de Coleta e Análise de Dados de Bombeiros", de tal modo abrangente, que seria capaz de fornecer, dentre outras, as seguintes informações para:

a) revelar a extensão dos prejuízos causados por incêndio e outros sinistros atendidos e os principais problemas encontrados.

b) identificar os problemas que requer ações mais efetivas e desenvolvimento de pesquisas.

c) orientar ações de prevenção e proteção da vida humana, do patrimônio e do meio ambiente.

d) orientar o desenvolvimento efetivo de códigos, regulamentações e normas de segurança em edificações, meios de transporte, atividades profissionais e de proteção ambiental.

Por meio de um *Sistema Nacional de Coleta e Análise de Dados de Bombeiros*, as entidades relatoras podem obter maior suporte de seu órgão administrativo, tendo disponível dados confiáveis para o embasamento de suas solicitações e para os seus planejamentos. Os aspectos operacionais que podem ser diretamente beneficiados por estas informações incluem:

a) a alocação apropriada de recursos humanos e materiais.

b) a avaliação de seu desempenho.

c) critérios para localização e eventual criação de novos postos de bombeiros.

d) a racionalização de saídas e chamadas.

e) o desenvolvimento de programas de treinamento.

f) a revisão de fatores de segurança no trabalho de bombeiros.

g) o desenvolvimento de procedimentos operacionais padrão.

A norma fornece um formulário-padrão para coleta de dados, elaborado como sugestão para adoção por órgãos que realizam e registram as atividades desempenhadas por bombeiros, que se divide nos seguintes blocos de dados:

a) sobre a entidade relatora (nome da corporação e endereço).

b) sobre o registro da ocorrência (número que a individualize e indicação se houve ou não intervenção, já que existem casos em que o bombeiro se desloca para uma emergência e nem sempre tem de atuar, seja por um engano daquele que acionou o bombeiro, seja por trote ou mesmo nas ocasiões em que a situação já foi resolvida antes mesmo da chegada dos recursos acionados – corpo de bombeiros).

c) sobre o local da ocorrência (dados que individualizem o local onde houve o incidente, não só o endereço, mas também outros dados sobre as características do local – residencial, comercial, industrial, de ensino, de saúde, via pública, rodovia, de prestação de serviço etc.).

d) sobre as atividades desenvolvidas na ocorrência (combate a incêndio e/ou outras atividades, a exemplo do socorro a vítimas).

e) sobre as vítimas (dados que individualizem as vítimas pela sua identificação, características pessoais e lesões ou problemas encontrados).

f) sobre os recursos empregados (veículos e efetivo).

g) histórico/resumo da ocorrência (com dados ainda não lançados e que sejam importantes para a caracterização da ocorrência).

h) complementações (com outros dados importantes para a compreensão do atendimento realizado).

i) sobre o responsável pelo preenchimento (nome, identificação, cargo/função, data do preenchimento e assinatura).

Os dados solicitados na norma, referentes ao combate a incêndios, são os seguintes:

a) tipo do incêndio (em relação ao local): em edificações; em meio de transporte; em vegetação ou outro tipo de incêndio não classificado nas situações anteriores.

b) a quantificação dos sistemas de proteção contra incêndio existentes no local da ocorrência.

c) a área atingida e sua proporção em relação à área total do local da ocorrência.

d) a possível causa do incêndio.

e) a previsão de realização de perícia de incêndio, já que a perícia não é feita em todos os casos de incêndio, e qual o órgão responsável pela perícia, já que nem todo corpo de bombeiros realizam a perícia de incêndio, cuja atribuição legal, normalmente, cabe à polícia técnico-científica.

Além da elaboração do formulário-padrão para registro dos dados, a norma também prevê um plano tabular básico, visando à análise dos dados coletados, que se constitui de vinte e duas tabelas com cruzamentos das informações mínimas obtidas por meio do registro da atividade de bombeiros (entre elas o combate a incêndios).

Constatou-se, na ocasião de elaboração dessa norma, além da estipulação do formulário-padrão e do plano tabular básico, a necessidade de se ter um sistema informatizado acessível às entidades relatoras, que poderia

se constituir num complemento dessa norma, ainda não elaborado, haja vista as particularidades de cada corporação de bombeiros, que apresentam diferentes níveis de detalhamento nos seus registros de ocorrências.

5. Estatísticas de incêncio no Brasil

O Brasil ainda carece de uma centralização das estatísticas de incêndio, já que os dados são obtidos de modo fragmentado, socorrendo-se de cada corpo de bombeiros da Federação, seja por meio das informações existentes em sítios esparsos na Internet, seja solicitando formalmente às corporações as informações de interesse para uma determinada pesquisa.

Um outro sintoma da necessidade de se centralizar os dados divulgados pelo corpo de bombeiros, verifica-se no modo de apresentação dos números da atividade operacional de cada um deles, sem uma padronização na terminologia que permita uma comparação ideal.

O **Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro** (CBMERJ), bombeiros pioneiros do país, por exemplo, divulga dados de incêndios atendidos, em seu sítio na Internet[5], destacando-os de acordo com seu porte (tamanho):

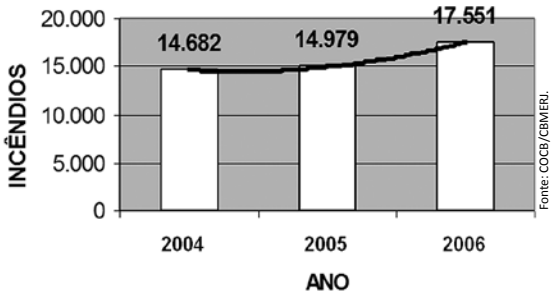
	2004	2005	2006
PRINCÍPIO	4.439	4.430	4.792
PEQUENO	191	179	141
MÉDIO	25	22	25
GRANDE	4	1	4
OUTROS	10.023	10.347	12.589
TOTAL	**14.682**	**14.979**	**17.551**

Fonte: COCB/CBMERJ

Conforme se verifica na tabela anterior, o número total de incêndios (em quantidades absolutas) vem aumentando anualmente no Estado do Rio de Janeiro, com destaque para os princípios de incêndio e para os "outros", que representam, respectivamente, em média, 29% e 70% do total de incêndios, sendo que os de médio e grande porte mantêm uma média relativamente estável. Essa classificação do incêndio de acordo com seu porte (dimensão) depende de outras variáveis (normalmente: do número de viaturas e homens empregados no combate, área atingida e quantidade de água utilizada, dentre outros fatores), já que um princípio de incêndio, por exemplo, num museu, em que uma obra clássica e famosa seja incendiada, pode se constituir num "grande" incêndio, tendo em vista o valor econômico envolvido; por outro lado, um incêndio num grande galpão de armazenamento de lixo, com fogo intenso, pode ser considerado "pequeno", haja vista o pequeno valor econômico envolvido no dano material causado. Logo, esse tipo de classificação deve estar sempre acompanhada de critérios objetivos, eliminando eventuais dúvidas quando de sua categorização.

O gráfico a seguir ilustra a tendência de crescimento no número absoluto de incêndios (quantidade) no Estado do Rio de Janeiro.

Gráfico 1 – Tendência dos incêndios no Rio de Janeiro



[5] Disponível em http://www.cbmerj.rj.gov.br/modulos.php?name=Estatisticas. Acesso em 12/03/07.

Do total de atendimentos realizados pelo CBMERJ, verifica-se que os incêndios representam uma pequena parcela, conforme tabela abaixo:

Tabela 2 - Percentual de incêndios no RJ em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros

	ATENDIMENTOS	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
2004	192.808	14.682	**7,6%**
2005	203.325	14.979	**7,4%**
2006	200.248	17.551	**8,8%**

Fonte: COCB/CBMERJ

O **Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Amazonas** (CBMAM) destaca, em seu sítio na Internet[6], que em 2006 atendeu 593 incêndios, classificando-os de acordo com a natureza do local.

Na tabela a seguir verifica-se a discriminação dos incêndios atendidos pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Amazonas, de acordo com a natureza do local onde ocorreu, destacando-se as maiores incidências:

Tabela 3 - Quantidade de incêndios no Estado do Amazonas atendidos pelo corpo de bombeiros em 2006

NATUREZA DO LOCAL	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
RESIDÊNCIA	151	25,5%
VEGETAÇÃO, LIXO OU SERRAGEM	191	32,2%
VEÍCULOS AUTOMOTORES	101	17,0%
OUTROS	150	25,3%
TOTAL	**593**	**100,0%**

Fonte: www.cbm.am.gov.br

De acordo com a tabela acima, verifica-se que o incêndio em "vegetação, lixo ou serragem" tem grande incidência no contexto dos incêndios que ocorreram no Estado do Amazonas, representando praticamente 1/3 de todos os incêndios atendidos. Os incêndios em residência também têm parcela significativa, representando pouco mais de 25 % de todos os incêndios que foram atendidos.

O **Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará** (CBMCE) também apresenta em seu sítio na Internet[7] alguns dados de ocorrências de incêndio atendidas na Capital e Região Metropolitana, classificando-as de acordo com a natureza do local, conforme tabela abaixo:

Tabela 4 - Incêndios atendidos pelo CBMCE na Capital e Região Metropolitana

	2004	2005	2006
INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO	819	860	1.069
INCÊNDIO EM VEÍCULOS	160	165	194
INCÊNDIO EM RESIDÊNCIA	466	433	493
OUTROS	1.889	1.702	2.183
TOTAL	3.334	3.160	3.939

Fonte: CIOPS

Conforme se verifica na tabela anterior, a exemplo do que ocorre no Estado do Amazonas, o incêndio em vegetação também representa parcela significativa dos incêndios (em média, pouco mais de 26 % das ocorrências)[8].

A quantidade de incêndios (em números absolutos) também apresenta tendência de crescimento no Es-

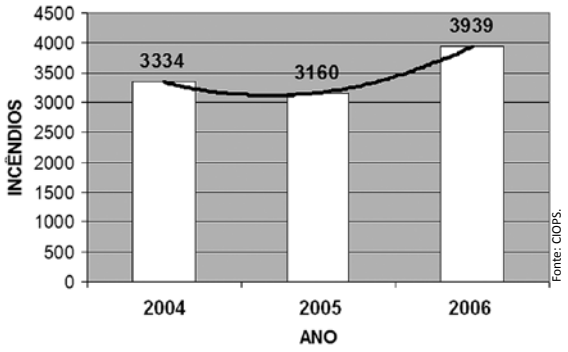
[6] Disponível em http://www.cbm.am.gov.br/programas_03.php?cod=5853362. Acesso em 12/03/07.

[7] Disponível em http://www.cb.ce.gov.br. Acesso em 12/03/07.

[8] Os incêndios em residência inseridos no sítio do CBMCE dividem-se, na verdade, em "incêndio residencial unifamiliar" e "incêndio residencial multifamiliar", os quais foram somados para lançamento na Tabela 4.

tado do Ceará (na Capital e Região Metropolitana), conforme gráfico abaixo:

Gráfico 2 - Tendência dos incêndios no Estado do Ceará (Capital e Região Metropolitana)



Do total de atendimentos realizados pelo CBMCE, verifica-se que os incêndios atendidos na Capital e Região Metropolitana representam uma parcela significativa do total de atendimentos de ocorrências no Estado, conforme tabela abaixo:

Tabela 5 - Percentual de incêndios no CE (Capital e Região Metropolitana) em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros (Estado)

	ATENDIMENTOS	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
2004	19.729	3.334	**16,9%**
2005	15.443	3.160	**20,5%**
2006	16.159	3.939	**24,4%**

Fonte: CIOPS

É interessante verificar (na tabela acima) que o percentual dos incêndios está crescendo, na Capital e Região Metropolitana do Ceará, num ritmo de 4% ao ano em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros. Conforme já ressaltado, esse indicador deve ser analisado em conjunto com outros fatores, a exemplo do crescimento populacional e da atividade econômica na região em questão.

O aumento no número de atendimentos de ocorrências de incêndio pode decorrer da própria expansão dos serviços, que passa a atender a chamada "demanda reprimida" de ocorrências, que até então não era atendida.

O **Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Sergipe** (CBMSE) também classifica suas ocorrências de incêndio de acordo com a natureza do local (se bem que também aparece a classificação de "princípio de incêndio"), conforme se verifica abaixo (a soma de cada ocorrência de incêndio que consta no quadro abaixo não corresponde ao total de incêndios verificados em Sergipe):

Quadro 1 - Incêndios atendidos pelo CBMSE

	2005	2006
FOGO EM LIXEIRA	14	25
FOGO EM TERRENO BALDIO	17	12
FOGO EM VEÍCULO	38	40
FOGO NO MATO	331	268
INCÊNDIO/OUTROS	40	82
INCÊNDIO EM FÁBRICA	10	4
INCÊNDIO EM LOJA	8	6
INCÊNDIO EM RESIDÊNCIA	69	68
PRINCÍPIO DE INCÊNDIO	47	98

Fonte: Assessoria de Comunicações do CBMSE

Interessante verificar na tabela acima que o CBMSE apresenta a classificação de "fogo no mato", diferentemente dos outros corpo de bombeiros mencionados (Amazonas e Ceará), que utilizam a terminologia "incêndio em vegetação". De acordo com a NBR 14023 – registro de atividades de bombeiros – o "incêndio em vegetação" seria o "gênero", enquanto que o "incêndio em mato, mata, floresta etc" seria a espécie.

A designação "fogo em fábrica" também não é uma terminologia comum. O Corpo de Bombeiros de São Paulo, por exemplo, utiliza a expressão "incêndio em indústria".

Do total de atendimentos realizados pelo CBMSE nos últimos dois anos (2005 e 2006), verifica-se que os incêndios diminuíram em relação ao total de atendimentos realizados e representam os seguintes percentuais indicados na tabela a seguir:

Tabela 6 - Percentual de incêndios no SE em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros

	ATENDIMENTOS	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
2005	3.494	850	**24,3%**
2006	5.321	668	**12,6%**

Fonte: Assessoria de Comunicações do CBMSE

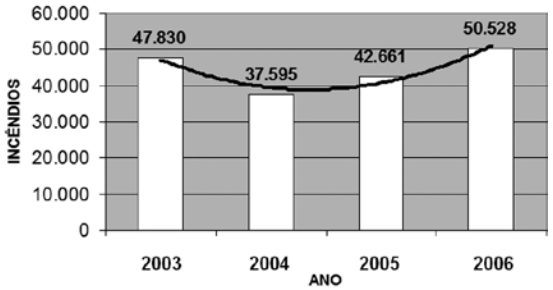
Nesse período considerado (2005 e 2006), portanto, o CBMSE atendeu um maior número de outros tipos de ocorrências e um menor número de incêndios.

O **Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo** (CBPMESP), diferentemente do corpo de bombeiros já mencionados, não disponibiliza dados estatísticos em seu sítio na Internet. Por outro lado, a exemplo de outros corpo de bombeiros, edita, anualmente, seu "Anuário Estatístico de Ocorrências", detalhando, de modo bastante minucioso, dados sobre os vários atendimentos que realiza, a exemplo das seguintes informações, com relação aos incêndios:

- Tempo de deslocamento, distância média e minutos trabalhados por cada um dos postos de bombeiros.
- Ocorrências por postos de bombeiros, por municípios e por faixa populacional nos municípios.
- Ações em ocorrências: abastecimento d'água; entrada forçada/arrombamento; escoamento; extinção de incêndio; resfriamento etc..
- Resultados de ocorrências: alarme falso; deixada em segurança; resolvida pelo corpo de bombeiros; trote com despacho etc..
- Locais de incêndio por ocupação: teatros, zoológicos, lixões, escritórios, hospitais etc..
- Detalhamento de locais de incêndio em edificações: cabine de força; cozinha; elevador; forno; quarto; sala etc.
- Incêndios em vegetação: área atingida por mês (Capital, Interior e Estado). É interessante verificar nos gráficos a respeito dos incêndios em vegetação o grande aumento no número desse tipo de ocorrência nos períodos de maior estiagem, notadamente entre os meses de junho e agosto.
- Ocorrências de Incêndio por mês, dia da semana e por hora do dia.
- Influência da proteção ativa e passiva das edificações, com a indicação da existência de tais proteções e se auxiliaram ou não no combate aos incêndios.

Em São Paulo também se verifica uma tendência de crescimento no número (quantidade) de incêndios, conforme gráfico a seguir:

Gráfico 3 – Tendência dos incêndios no Estado de São Paulo



Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP/Departamento de Operações.

O percentual de incêndios em São Paulo, em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros, nos últimos três anos, é bem similar ao verificado no Estado do Rio de Janeiro nesse mesmo período. Os números totais de atendimentos chamam a atenção pelo grande volume, próximos de meio milhão de atendimentos ao ano:

Tabela 7 - Percentual de incêndios em SP em relação ao total de atendimentos realizados pelo corpo de bombeiros

	ATENDIMENTOS	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
2004	492.276	37.595	**7,6%**
2005	504.907	42.661	**8,4%**
2006	493.350	50.528	**10,2%**

Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP

A quantidade total de vítimas salvas pelo CBPMESP em 2006 também é bastante grande (263.489 vítimas), das quais 669 foram salvas em ocorrências de incêndio (0,25%).

Com relação à natureza dos incêndios no Estado de São Paulo, verifica-se que em 2006 quase 40 % dos incêndios ocorreram em vegetação natural, daí a grande preocupação com a concentração de esforços em termos de efetivo, viaturas e equipamentos específicos para os incêndios florestais na época de maior estiagem:

Tabela 8 - Natureza de incêndios no Estado de São Paulo - 2006

OCORRÊNCIA	TOTAL	PERCENTUAL
INCÊNDIO EM EDIFICAÇÃO	10.257	20,3%
INCÊNDIO EM GLP DENTRO DE EDIFICAÇÃO	453	0,9%
INCÊNDIO EM GLP FORA DE EDIFICAÇÃO	203	0,4%
INCÊNCIO EM OBJETO FORA DE EDIFICAÇÃO	792	1,6%
INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO CULTIVADA	1.611	3,2%
INCÊNDIO EM VEGETAÇÃO NATURAL	19.123	37,9%
INCÊNDIO EM VEÍCULO	4.574	9,0%
INCÊNDIOS DIVERSOS	13.515	26,7%
TOTAL DE INCÊNDIO	**50.258**	**100,0%**

Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP

Nas causas possíveis de incêndio em São Paulo, no ano de 2006, verifica-se, curiosamente, que o ato incendiário representa parcela significativa. Na tabela a seguir, estão em destaque apenas as causas de incêndio mais incidentes. A causa possível "instalações elétricas inadequadas" abrange o curto circuito e a sobrecarga. O maior destaque refere-se a "outras causas", em mais da metade dos casos, significando que não houve condições de apontar, de modo específico, dentro do rol existente, qual teria sido a causa possível em tais ocorrências:

Tabela 9 - Causas possíveis de incêndio em São Paulo - 2006

CAUSA POSSÍVEL	INCÊNDIOS	PERCENTUAL
OUTRAS CAUSAS	26.652	52,7%
ATO INCENDIÁRIO	13.653	27,0%
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS INADEQUADAS	3.677	7,3%
DISPLICÊNCIA AO COZINHAR	1.059	2,0%
PRÁTICA DE AÇÕES CRIMINOSAS	966	1,9%
IGNIÇÃO ESPONTÂNEA	909	1,8%
BRINCADEIRA DE CRIANÇAS	705	1,4%
DISPLICÊNCIA DE FUMANTES COM PONTAS DE CIGARRO/FÓSFORO	696	1,3%
SUPERAQUECIMENTO DE EQUIPAMENTO	591	1,2%

Fonte: Anuário Estatístico do CBPMESP

Outro destaque importante, que consta no Anuário Estatístico do CBPMESP, é o referente às atividades técnicas realizadas em 2006, que correspondeu a 124.685 atividades, englobando: análise de projetos, vistorias técnicas, consultas e palestras de prevenção em simpósios e seminários.

Fica aqui registrada a sugestão aos corpo de bombeiros, principalmente ao de São Paulo, de procurar disponibilizar seus dados de atendimentos operacionais em seus respectivos sítios na Internet. A socialização desses dados contribuirá, sem dúvida, para um melhor conhecimento das diversas atividades realizadas pelos corpo de bombeiros, em que o incêndio é apenas uma parcela de toda a gama de atendimentos que realiza. Isso poderá contribuir também no estímulo para que novas pesquisas sejam realizadas, objetivando o incremento da prevenção e, por conseguinte, a redução de perdas materiais e vidas humanas.

Os dados estatísticos apresentados no presente capítulo, de alguns corpo de bombeiros do Brasil, conforme já ressaltado, não pretendem estabelecer qualquer comparação entre as diferentes corporações, já que todas são de extrema importância para a população, mas visa, tão somente, ilustrar o assunto que está sendo tratado e indicar a necessidade de uma padronização na terminologia utilizada pelos corpo de bombeiros, possibilitando a comparação dos dados de forma mais adequada.

6. Centralização e difusão dos dados de incêndio no Brasil

Paralelamente à existência da Norma de Registro de Atividades de Bombeiros e toda a produção de informações por meio dos registros realizados quando das ocorrências de incêndio, é importante definir um órgão centralizador dessas informações, em nível nacional, e um mecanismo que torne obrigatório o fornecimento das informações mínimas contidas na norma pelos detentores das informações, sejam corpo de bombeiros estaduais, municipais, voluntários ou mesmo brigadas particulares, além da viabilização de uma rede para que essas informações sejam socializadas.

O Ministério da Justiça, por meio da SENASP – Secretaria Nacional de Segurança Pública, poderia viabilizar essa centralização dos dados referentes não só ao aspecto do combate a incêndios, mas também outros dados estatísticos de atendimentos prestados pelos corpo de bombeiros de todo o Brasil.

Verifica-se, atualmente, uma grande ênfase por parte da SENASP no tocante aos indicadores da criminalidade, obviamente por conta da violência, que cresce de forma assustadora no país. No sítio da SENASP (vide referência no final desse capítulo) é possível pesquisar sobre os seguintes indicadores de criminalidade:

a) Indicadores gerais: total de ocorrências; crimes letais intencionais; crimes violentos não-letais contra a pessoa; crimes violentos contra o patrimônio; delitos de trânsito e delitos envolvendo drogas.

b) Categorias criminais específicas: homicídio doloso; tentativa de homicídio; lesão corporal; estupro; atentado violento ao pudor; extorsão mediante seqüestro; roubos e furtos.

A sugestão é a de que essa idéia de divulgação desses indicadores de criminalidade seja transportada para a área de bombeiros, com a divulgação dos dados operacionais de cada um dos corpo de bombeiros da Federação, entre os quais os dados sobre os incêndios, além dos dados que identificam os perfis das demais organizações de segurança pública, conforme já delineado no "Sistema Nacional de Estatísticas de Segurança Pública e Justiça Criminal" (vide quadro esquemático adiante).

Outra idéia é a de que a própria LIGABOM – Liga Nacional de Bombeiros – fizesse esse papel de centralizadora dos dados referentes aos corpo de bombeiros, tanto os dados administrativos, de perfil organizacional, quanto os dados operacionais, de atendimento de ocorrências, socializando tais dados em um sítio de fácil acesso por meio da Internet, de modo sistematizado, cujo banco de dados poderia ser alimentado pelos próprios corpo de bombeiros, com parâmetros iguais, permitindo comparações adequadas.

Essa centralização possibilitaria o estabelecimento de uma referência nacional e internacional no tocante à busca de dados referentes aos corpo de bombeiros e, conseqüentemente, uma fonte bastante rica para o desenvolvimento de pesquisas científicas visando ao desenvolvimento dessa instituição no país.

Conforme foi possível verificar no desenvolvimento deste capítulo, a terminologia utilizada na classificação de ocorrências de incêndio sofre alguma variação, tendo em vista as peculiaridades de cada corporação de bombeiros. A norma b que foi comentada respeita essas peculiaridades, já que estabelece os dados mínimos a

serem coletados e tabulados, permitindo outros níveis de detalhamento, de acordo com as necessidades de cada corporação, mesmo porque, algumas corporações já se encontram num estágio mais avançado em termos de informatização, o que permite maiores possibilidades no cruzamento das informações obtidas a respeito dos incêndios, conciliando melhor o aspecto operacional com o técnico.

No entanto, de um modo geral, os bombeiros possuem uma "identidade" bastante própria, seja no tocante a seus equipamentos e viaturas, seja no tocante à sua intervenção operacional.

Essa proposta de centralização só fortaleceria essa "identidade" existente, pois poderia colaborar para com o aprimoramento de novas técnicas de combate a incêndios, bem como na busca de uma legislação única em termos de prevenção contra incêndio, de modo a regular, em âmbito nacional, sob um mesmo parâmetro, como as edificações e áreas de risco devem estar protegidas.

Quadro 2 - Sistema Nacional de Estatísticas de Segurança Pública e Justiça Criminal

PERIODICIDADE	BASES DO SISTEMA	FONTES DE DADOS
	OCORRÊNCIAS CRIMINAIS E ATIVIDADE DE SEGURANÇA PÚBLICA	POLÍCIA CIVIL POLÍCIA MILITAR CORPO DE BOMBEIROS GUARDAS MUNICIPAIS
MENSAL	CADASTRO NACIONAL DE MORTES VIOLENTAS	POLÍCIA CIVIL SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE
	CONTROLE DA AÇÃO POLICIAL	OUVIDORIAS CORREGEDORIAS
ANUAL	FLUXO SISTEMA JUSTIÇA CRIMINAL	POLÍCIA MILITAR POLÍCIA CIVIL MINISTÉRIO PÚBLICO TRIBUNAIS
ANUAL	PESQUISA NACIONAL DE VITIMIZAÇÃO	IBGE
ANUAL	PERFIL DAS ORGANIZAÇÕES DE SEGURANÇA PÚBLICA	POLÍCIAL CIVIL POLÍCIA MILITAR CORPO DE BOMBEIROS GUARDAS MUNICIPAIS POLÍCIA TÉCNICA

7. Considerações finais

É necessário aprimorar e expandir o sistema de coleta de dados no país como um todo, pois não basta computar apenas dados coletados pelos corpo de bombeiros, uma vez que não cobrem o vasto território nacional. A estruturação de um sistema para a coleta, incorporando outros órgãos vinculados à segurança pública e ao meio ambiente, tendo como base o registro dos dados estipulados pela NBR 14023, além da designação de uma entidade centralizadora para o processamento dos dados coletados, é essencial para a obtenção de um panorama nacional da segurança contra incêndio, a exemplo do grande levantamento que foi realizado no início da década de 70 nos Estados Unidos da América, resultando num minucioso relatório denominado "America Burning", como um verdadeiro "raio X" sobre os órgãos responsáveis pela segurança pública, em especial os corpo de bombeiros, e da real situação dos incêndios naquele país num dado momento.

Reitera-se a idéia de que a LIGABOM ou a própria SENASP desenvolva um sistema padronizado para essa coleta de dados sistematizada, por meio da criação de um software específico, que poderia ser disponibilizado para todas as corporações de bombeiros no país, além da criação de um sítio na Internet para livre consulta das estatísticas produzidas, fomentando a pesquisa na área de incêndio, propiciando o desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias para o combate aos incêndios.

Convém destacar que uma boa análise de dados só será possível, propiciando o desenvolvimento de uma boa estatística, se a coleta dos dados for feita com a qualidade necessária. Isso é fundamental para o planejamento estratégico das corporações e para a boa gestão do conhecimento em termos de tecnologia de bombeiro.

Atualmente, a gestão do conhecimento é um aspecto de grande importância nas organizações, já que o conhecimento gerado pelas pessoas que as integram tem um valor que ultrapassa seu próprio valor patrimonial. Nas corporações de bombeiros isso não é diferente, pois muito do conhecimento existente hoje em termos de combate a incêndio e mesmo nas outras atividades desenvolvidas, grandes ensinamentos foram passados de geração em geração, perpetuando-se ao longo do tempo. A gestão do conhecimento da técnica, da tática, enfim, da arte de combater incêndios não pode se perder no tempo e no espaço, daí a importância do estabelecimento de um sítio na Internet, destinado a enriquecer esse conhecimento, ampliando a troca de experiências e ensinamentos.

Esse sítio poderia ter um link com corpo de bombeiros de outros países, de modo que não só as estatísticas operacionais pudessem ser consultadas, mas também as pesquisas sobre os incêndios de maior vulto, que tiveram grande repercussão, o que também contribuiria com o desenvolvimento da prevenção contra incêndios e da própria segurança dos bombeiros na nobre missão em defesa da vida, do patrimônio e do meio ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

• *Anuário Estatísticos do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo.* Corpo de Bombeiros. Departamento de Operações. São Paulo: 2007.

• AMERICA BURNING. *The Report of the National commission on Fire Prevention and Control.* National Commission on Fire Prevention and Control, U. S. Government, Washington: 1973.

• FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa.* Nova Fronteira. São Paulo: 1995, p. 274.

• FERREIRA, Edil Daubian. *Introdução nas Instruções para preenchimento dos Relatórios e Mapas Estatísticos dos Serviços de Bombeiros*. Força Pública do Estado de São Paulo, São Paulo: 1964.

• NEGRISOLO, W. et alli. Polícia Militar do Estado de São Paulo. Corpo de Bombeiros. *Sistema Nacional Padronizado de Coleta e Tabulação de Dados*. In: Anais do II SENABOM – Seminário Nacional de Bombeiros, Ribeirão Preto, São Paulo. Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, p. 305 a 335, 1992.

• NBR 14023. *Registro de Atividades de Bombeiros.* ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro: 1997.

• ONO, Rosária. *Segurança contra Incêndio em Edificações – Um sistema de Coleta e Dados para Avaliação de Desempenho.* São Paulo, 1997. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

• SENASP – Secretaria Nacional de Segurança Pública - http://www.mj.gov.br/senasp/pesquisas_aplicadas/sist_estatistica.htm

• Sítio do Corpo de Bombeiros do Amazonas na Internet.
Disponível em http://www.cbm.am.gov.br/programas_03.php?cod=5853362. Acesso em 12/03/07.

• Sítio do Corpo de Bombeiros do Ceará na Internet. Disponível em http://www.cb.ce.gov.br. Acesso em 12/03/07.

• Sítio do Corpo de Bombeiros do Rio de Janeiro na Internet.
Disponível em http://www.cbmerj.rj.gov.br/modulos.php?name=Estatisticas. Acesso em 12/03/07.

XXIV

MANUTENÇÃO APLICADA EM SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Engenheiro Eduardo Linzmayer
Professor associado do Instituto Mauá de Tecnologia e da Fundação Armando Álvares Penteado – Diretor da EBL Engenharia e Treinamento Ltda.

Tenente Coronel PM Silvio Bento da Silva
Oficial da Reserva do Corpo de Bombeiros da PMESP

Engenheirando Vitor Eduardo Guarnieri Atik
5° Ano da Escola de Engenharia Mauá

1. A Confiabilidade dos sistemas e equipamentos de segurança contra incêndio

As medidas de segurança contra incêndio em uma edificação são necessárias e fundamentais para a prevenção e redução de ocorrências e seus danos. A edificação que não possui um plano e programa definido para sua manutenção está exposta à ocorrência de sinistros e. conseqüentemente, aos riscos à vida, perdas de ativos e bens patrimoniais e impactos negativos ao meio ambiente.

A confiabilidade desses sistemas e equipamentos utilizados na segurança contra incêndio deve ser controlada em todo seu ciclo de vida, ou seja: elaboração do projeto, especificações, construção, montagem, recebimento técnico, uso, operação e manutenção. As equipes da brigada de incêndio e os técnicos responsáveis pela manutenção devem estar familiarizados e disciplinados a atenderem as normas e a praticarem ações padronizadas, nas operações de funcionamento e manutenção dos sistemas e equipamentos de SCI.

Os sistemas e equipamentos de SCI, por serem utilizados com baixa freqüência, apresentam dificuldades de identificação das falhas de manutenção. A constatação dessas falhas poderá ocorrer durante as operações de combate, no momento em que a brigada de incêndio mais precisa do bom funcionamento dos equipamentos. Essa situação pode provocar um agravamento, principalmente pelo fato da inexistência de equipes técnicas de manutenção para o pronto atendimento de reparos.

Experiências passadas comprovam que em razão de falhas de uso incorreto e falta de manutenção ocorreram grandes incêndios e catástrofes, provocando prejuízos incalculáveis. Tal fato foi registrado no incêndio ocorrido com o Hotel MGM Metro Golden Mayer, nos Estados Unidos, em 1980, com perdas de oitenta e quatro vítimas fatais e seiscentos e oitenta e quatro pessoas feridas, causados por uma sucessão de falhas de manutenção e operações de combate.

Em 2001, ocorreu um incêndio na fábrica da Nestlé, em seu centro de distribuição, localizado na cidade São Bernardo do Campo-SP, causando graves prejuízos materiais, com perdas aproximadas de noventa milhões de reais à época, e a morte de dois bombeiros.

Nesse mesmo ano de 2001, ocorreu um acidente na Plataforma P-36 da Petrobrás, localizada na Bacia de Campos-RJ, provocados por erros de manutenção, conforme ANP- Agência Nacional de Petróleo. Os prejuízos, decorrentes de perda de produção, foram estimados em dois bilhões de dólares anuais.

Outra questão importante a ser considerada é a influência da manutenção sobre os custos diretos visíveis e os custos indiretos normalmente invisíveis. Os custos diretos visíveis referem-se às despesas com mão-de-obra, ma-

teriais e serviços de terceiros. No caso dos custos indiretos e invisíveis referem-se às paralisações das operações, diminuição da segurança e sensação de riscos transmitidos aos usuários, paradas e interrupções causadas por falhas e mau funcionamento dos sistemas de segurança.

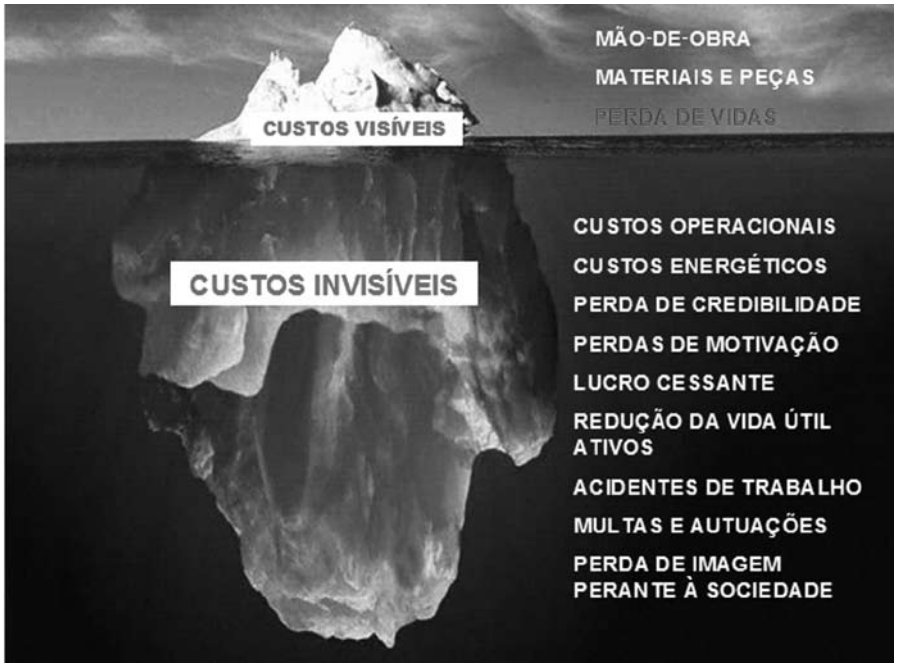


FIGURA 1 - Custos Visíveis x Custos Invisíveis

Além disso, destaca-se a responsabilidade legal pela manutenção adequada de SCI nas edificações. No Estado de São Paulo, compete ao proprietário e ao responsável técnico de instalação e manutenção, conforme prevê o artigo 18 do Decreto Estadual 46.076-2001, que diz o seguinte: *"O proprietário do imóvel ou responsável pelo seu uso obriga-se a manter as medidas de segurança contra incêndio em condições de utilização, providenciando a sua adequada manutenção, sob pena de cassação do AVCB I independentemente das responsabilidades civis ou penais cabíveis".*

Nos Estados Unidos, a Norma NFPA 25 no item 25-142 contempla que *"a responsabilidade pela manutenção adequada dos sistemas de segurança contra incêndio é do proprietário e do responsável técnico de instalação de sistemas. Para que se realize as inspeções, testes e manutenção preventiva,os equipamentos devem estar em boas condições operacionais caso contrário,quaisquer defeitos ou danos devem ser relatados."*

2. Conceitos básicos

As atividades de manutenção estão definidas na Norma Brasileira da ABNT NBR 5462-1994- Confiabilidade e Mantenabilidade e literaturas específicas de manutenção. Visando a uma orientação e referência apresentam-se a seguir os principais conceitos básicos:

Manutenção: É a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo a supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.

Manutenção preventiva (proativa): manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.

Manutenção corretiva (reativa): manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha de modo a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Manutenção preditiva (monitorada): manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejado, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragens para reduzir ou diminuir a manutenção corretiva. Manutenção desempenhada com base no acompanhamento ou monitoramento de determinados parâmetros do equipamento (vibração, temperatura, ruído).

Manutenção programada: manutenção preventiva efetuada de acordo com um programa preestabelecido.

Manutenção não-programada: manutenção corretiva efetuada de forma emergencial sem seguir determinada programação.

Falha: término da capacidade de um item desempenhar a função requerida.

Defeito: qualquer desvio de uma característica de um item em relação a seus requisitos. Um defeito pode, ou não, afetar a capacidade de um item em desempenhar uma função requerida.

Certificação: ato ou efeito de certificar, atividade executada por entidade autorizada, para determinar, verificar e atestar por escrito, a qualificação de profissionais, de acordo com os requisitos estabelecidos.

Confiabilidade: pode ser definida como a possibilidade de um componente, equipamento, ou sistema executar a sua função, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo específico, sem apresentar falhas.

Inspeção: exame visual do sistema de segurança contra incêndio, ou de parte dele, para verificar as condições operacionais e livres de danos físicos.

Teste: procedimento utilizado para determinar as condições de um sistema, por meio de verificações dos equipamentos e se funcionam conforme especificados. A freqüência dos testes devem obedecer as normas técnicas quanto aos procedimentos e periodicidade.

Relação de inspeção e manutenção: são documentos que devem ser preenchidos pelos responsáveis da manutenção dos sistemas de segurança contra incêndio, devendo indicar os procedimentos adotados (de inspeção, teste ou manutenção), a empresa que executou os trabalhos, os resultados e a data. Os relatórios devem ser guardados pelo proprietário.

Instalação e testes de aceitação: os instaladores devem executar trabalhos de testes iniciais, para recebimento e aceitação. Os resultados devem ser mantidos enquanto existir os sistemas.

3. Abordagem da manutenção nas normas brasileiras de SCI

A SCI no Brasil possui um total de 74 normas técnicas da ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas e CB24 – Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio. Destas, 03 normas tratam a manutenção de forma específica, conforme tabela 01.

Para a implementação das ações de manutenção, devem ser realizados estudos e avaliações passo a passo, analisando-se cada sistema e componentes de segurança das edificações. Embora as normas brasileiras de SCI contemplem as especificações para a manutenção de equipamentos e sistemas, são raras as empresas especializadas que atuam em equipamentos mais complexos no país. As empresas brasileiras que atuam na área de segurança contra incêndio estão mais voltadas à manutenção de sistemas de extintores e mangueiras de incêndio. A Associação Brasileira de Gerência de Riscos (ABGR) realizou, no ano de 1998, a tradução da norma NFPA 25 para a língua portuguesa, que trata da manutenção de sistemas de inspeção, teste, manutenção em sistemas hidráulicos de proteção contra incêndio, com apoio da NFPA - National Fire Protection Association. Essa norma aborda a manutenção de sistemas hidráulicos de forma técnica. Seria interessante que se elaborasse mais normas brasileiras específicas de manutenção, a exemplo da NFPA 25.

Na Tabela 1 apresenta a relação completa das normas da ABNT, destacando-se as normas NBR 12779, NBR 12962 e NBR 13485 que tratam de forma específica a manutenção.As demais normas as citações e procedimentos de manutenção de sistemas e equipamentos estão inclusas nos próprios textos, destacando-se a norma de brigada de incêndio que estabelece a responsabilidade das equipes pela inspeção dos equipamentos de SCI.

Tabela 01 - Quadro de relação de normas de SCI

NORMA	DATA	TÍTULO DA NORMA
NBR 5419	30/03/2001	Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas
NBR 5667-1	28/02/2006	Hidrantes urbanos de incêndio de ferro fundido dúctil Parte 1 - Hidrante de coluna
NBR 5667-2	28/02/2006	Hidrantes urbanos de incêndio de ferro fundido dúctil Parte 1 - Hidrante subterrâneos
NBR 5667-3	28/02/2006	Hidrantes urbanos de incêndio de ferro fundido dúctil Parte 1 - Hidrante de coluna com obturação própria
NBR 6125	01/04/1992	Chuveiro automático para extinção de incêndio
NBR 6135	30/04/1992	Chuveiro automático para extinção de incêndio
NBR 6479	02/04/1992	Portas e vedadores - Determinação da resistência ao fogo
NBR 7505-1	29/09/2000	Armazém de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 1 - Armazenagem em tanques estacionários
NBR 8222	29/07/2005	Execução de sistemas de prevenção contra explosão de incêndio, por impedimento de sobrepressões decorrentes de arcos elétricos internos em transformadores e reatores de potência
NBR 8660	30/11/1984	Revestimento ao piso - Determinação da densidade crítica de fluxo de energia térmica
NBR 8674	29/07/2005	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com água nebulizada para transformadores e reatores de potência
NBR 9050	30/06/2004	Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos
NBR 9441	30/03/1998	Execução de sistemas de detecção e alarme de incêndio
NBR 9442	01/08/1986	Materiais de construção - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante
NBR 9443	01/05/2002	Extintor de incêndio classe A - Ensaio de fogo em engradado de madeira
NBR 9444	02/10/2006	Extintor de incêndio classe B - Ensaio de fogo em líquido inflamável
NBR 9654	01/04/1997	Indicador de pressão para extintores de incêndio
NBR 9695	28/08/2006	Pó para extinção de incêndio
NBR 10636	01/03/1989	Paredes divisórias sem função estrutural - Determinação da resistência ao fogo
NBR 10720	01/088/1989	Prevenção contra incêndio em instalações aeroportuárias
NBR 10721	30/09/2001	Extintores de incêndio com carga de pó
NBR 10897	30/01/1990	Proteção contra incêndio por chuveiro automático
NBR 10898	01/11/1999	Sistema de iluminação de emergência
NBR 11711	01/06/2003	Porta e vedadores corta-fogo com núcleo de madeira para isolamento de risco em ambientes comerciais e industriais
NBR 11715	30/07/1999	Extintores de incêndio com carga d´água
NBR 11716	30/11/2000	Extintores de incêndio com carga de dióxido de carbono (gás carbônico)
NBR 11742	28/02/1997	Porta corta-fogo para saída de emergência - especificação
NBR 11751	30/07/1999	Extintores de incêndio com carga para espuma mecânica
NBR 11762	30/05/2001	Extintores de incêndio portáteis com carga de halogenado
NBR 11785	30/06/1997	Barra antipânico - Requisitos
NBR 11830	30/07/1995	Líquido gerador de espuma de película aquosa (AFFF) a 6% para uso aeronáutico
NBR 11836	03/04/1992	Detectores automáticos de fumaça para proteção contra incêndio
NBR 11861	30/11/1998	Mangueira de incêndio - requisitos e métodos de ensaio
NBR 12232	19/07/2005	Execução de sistemas fixos automáticos de proteção contra incêndio com gás carbônico (CO_2) por inundação total para transformadores e reatores de potência contendo óleo isolante

NORMA	DATA	TÍTULO DA NORMA
NBR 12252	01/04/1992	Tática de salvamento e combate a incêndios em aeroportos
NBR 12285	01/04/1992	Porteção contra incêndio em depósitos combustíveis de aviação
NBR 12615	01/05/1992	Sistema de combate a incêndio por espuma
NBR 12693	29/04/1993	Sistema de proteção por extintores de incêndio
NBR 12779	01/03/1993	Inspeção, manutenção e cuidados em mangueiras de incêndio
NBR 12962	30/03/1998	Inspeção, manutenção e recarga em extintores de incêndio
NBR 12992	01/11/1993	Extintor de incêndio classe C - Ensaio de condutividade elétrica
NBR 13231	30/12/1994	Proteção contra incêndio em subestações elétricas convencionais, atendidas e não-atendidas, de sistemas de transmissão
NBR 13434:1	31/03/2004	Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 1: Princípios de projetos
NBR 13434:2	31/03/2004	Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 2: Símbolos e suas formas, dimensões e cores
NBR 13434:3	29/07/2005	Sinalização de segurança contra incêndio e pânico - Parte 3: requisitos e métodos de ensaio
NBR 13435	30/08/1995	Sinalização de segurança contra incêndio e pânico
NBR 13436	30/07/1995	Líquido gerador de espuma de película aquosa (AFFF) a 3% para uso aeronáutico
NBR 13437	30/08/1995	Símbolos gráficos para sinalização contra incêndio e pânico
NBR 13485	30/06/1999	Manutenção de terceiro nível (vistoria) com extintores de incêndio
NBR 13523	30/11/1995	Central predial de gás liquefeito de petróleo
NBR 13714	29/02/2000	Sistema de hidrantes e de mangotinhos para combate a incêndio
NBR 13768	28/02/1997	Acessórios destinados à porta corta-fogo para saída de emergência - requisitos
NBR 13792	30/04/1997	Proteção contra incêndio por sistema de chuveiros automáticos para áreas de armazenamento em geral - procedimentos
NBR 13848	30/06/1997	Acionador manual para utilização em sistemas de detecção e alarme de incêndios
NBR 13859	30/06/1997	Proteção contra incêndios em subestações elétricas de distribuição
NBR 13860	30/06/1997	Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio
NBR 13932	29/09/1997	Instalações internas de gás liquefeito de petróleo (GLP) - projeto e execução
NBR 14023	01/12/1997	Registro de atividades de bombeiros
NBR 14024	20/01/2001	Centrais prediais e industriais de gás liquefeito de petróleo (GLP) - sistemas de abastecimento a granel
NBR 14096	29/06/1998	Viaturas de combate a incêndio
NBR 14100	29/06/1998	Proteção contra incêndio - símbolos gráficos para projeto
NBR 14276	01/03/1999	Programa de brigada de incêndio
NBR 14277	01/03/1999	Campo para treinamento de combate a incêndio
NBR 14323	30/07/1999	Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio - procedimento
NBR 14349	30/07/1999	União para mangueira de incêndio - requisitos e métodos de ensaio
NBR 14432	31/12/2001	Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações - procedimento
NBR 14561	31/08/2000	Veículos para atendimento a emergência médicas e resgate
NBR 14608	30/11/2000	Bombeiro profissional civil
NBR 14870	01/08/2002	Esguichos de jato regulável para combate a incêndio
NBR 14880	01/08/2002	Saídas de emergência em edifícios - escadas de segurança - controle de fumaça por pressurização

NORMA	DATA	TÍTULO DA NORMA
NBR 14925	01/02/2003	Unidades envidraçadas resistentes ao fogo para uso em edificações
NBR 15219	31/05/2005	Plano de emergência contra incêndio - requisitos
NBR 15247	31/12/2004	Unidades de armazenamento segura - Salas-cofre e cofre para hardware - Classificação e métodos de ensaio de resistência ao fogo
NBR 15281	31/10/2005	Porta corta-fogo para entrada de unidades autônomas e de compartimentos específicos de edificações

Fonte: ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

4. Programa de manutenção preventiva

As rotinas de inspeção, testes e manutenção devem ser implementadas por meio de procedimentos-padrão, que atendam às normas de referências e orientações dos fabricantes. Essas atividades devem ser exercidas pelas equipes de brigada de incêndio da edificação em conjunto com as equipes técnicas de manutenção.

Todas as rotinas estabelecidas devem possuir também um programa de manutenção preventiva para operacionalização dos equipamentos e serviços de manutenção, realizando um cronograma das atividades para cada sistema de equipamentos, atendendo aos procedimentos-padrão, mantendo-se as rotinas diárias, procurando identificar as falhas dos sistemas e equipamentos, proporcionando, dessa forma, as condições adequadas de segurança.

Para determinados sistemas específicos de segurança, será necessário contratar profissionais qualificados e credenciados, que possam emitir laudos de responsabilidade técnica, referentes aos serviços executados.

As atividades de manutenção preventiva devem obedecer aos procedimentos padrões predeterminados.

Segue abaixo os modelos de procedimentos padrões recomendados para facilitar as rotinas diárias de atuação das brigadas de incêndio e equipes de manutenção.

Procedimento de manutenção de padrão: tem como principal objetivo padronizar as ações de manutenção a serem realizadas no equipamento. Este deve ser aplicado pelas equipes de manutenção.

Tabela 2 - Modelo procedimento de manutenção-padrão

<table>
<tr><td colspan="3">PMP - PROCEDIMENTO DE MANUTENÇÃO PADRÃO
BOMBA DE ÁGUA PARA INCÊNDIO</td><td colspan="2">PONTO DE VERIFICAÇÃO DA MANUTENÇÃO</td><td rowspan="2">CRITÉRIODE AVALIAÇÃO</td><td rowspan="2">EQUIPAMENTO/ MÉTODO DE INSPEÇÃO E VERIFICAÇÃO</td><td rowspan="2">AÇÃO EM CASO DE NÃO CONFORMIDADE</td><td colspan="7">PERIODICIDADE</td></tr>
<tr><td>Nº</td><td>DESCRIÇÃO</td><td>D</td><td>S</td><td>M</td><td>B</td><td>T</td><td>S</td><td>A</td></tr>
<tr><td colspan="2">Nº: 000.010201.003</td><td>DATA: PÁGINA: 1/1</td><td>1</td><td>Verificar estado geral</td><td>Verificação do estado da bomba</td><td>Manual/Visual</td><td>Reparar/Substituir</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="5">FICHA TÉCNICA
NOME: Bombas hidráulicas
LOCALIZAÇÃO: Casa de Bombas
CLASSE: Bomba
FABRICANTE: MODELO/TIPO:
POTÊNCIA: TENSÃO: 380V
CORRENTE:
ANO DE FABRICAÇÃO: 2002
GARANTIA: 1 ano
FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO: Bombear água
CARACTERÍSTICAS GERAIS:</td><td>2</td><td>Verificar vazamentos</td><td>Verificação dos selos de vedação</td><td>Manual/Visual</td><td>Substituir selos</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>3</td><td>Verificar limpeza dos equipamentos</td><td>Excesso de sujidades</td><td>Visual</td><td>Limpar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>4</td><td>Verificar conexões</td><td>Verificação do aspecto dos parafusos</td><td>Manual/Visual</td><td>Apertar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>5</td><td>Verificar motor elétrico trifásico</td><td>Verificação do funcionamento</td><td>Manual/Visual</td><td>Acionar assistência técnica</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3" rowspan="7">
Série EF</td><td>6</td><td>Verificar posicionamento da bomba</td><td>Verificação do nivelamento da bomba</td><td>Visual</td><td>Nivelar bomba</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>7</td><td>Verificar rolamentos</td><td>Excesso de ruídos</td><td>Sonoro</td><td>Substituir</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>8</td><td>Verificar ligação elétrica</td><td>Falha no funcionamento</td><td>Manual/Visual</td><td>Ajustar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>9</td><td>Verificar funcionamento automático do disjuntor</td><td>Falha no funcionamento</td><td>Visual</td><td>Ajustar parâmetros</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>10</td><td>Verificar válvula de retenção</td><td>Verificação do funcionamento</td><td>Manual</td><td>Substituir</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>11</td><td>Verificar quadro de força</td><td>Falha no funcionamento</td><td>Visual</td><td>Ajustar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">ELABORADO POR: Vitor E. G. Atik</td><td>12</td><td>Verificar disjuntor do motor</td><td>Disjuntor desarmado</td><td>Manual/Visual</td><td>Armar</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">REVISÃO: ---</td><td>DATA: Ano/2006</td><td>13</td><td>Verificar lubrificação das peças</td><td>Verificação do nível de graxa</td><td>Visual</td><td>Adicionar graxa</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">REVISADO POR: Silvio Bento da Silva</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">APROVADO POR: Eduardo Linzmayer</td><td colspan="10">MANUAL DO CONSUMIDOR - BOMBA DE ÁGUA PARA INCÊNDIO</td></tr>
</table>

Procedimento de uso-padrão: tem como principal objetivo orientar a brigada de incêndio como utilizar o equipamento da forma correta.

Tabela 3.1 - Procedimento de uso-padrão

PUP - Procedimento de Uso Padrão

Mangueira de Incêndio

Número: 000.0401.001	
Data: ---	
Nº de Páginas: 2/2	

FICHA TÉCNICA

NOME: Mangueira de Incêndio
LOCALIZAÇÃO: *Área de segurança*
CLASSE: Mangueira
FABRICANTE:
POTÊNCIA: **TENSÃO:**
ANO DE FABRICAÇÃO:
CONSUMO:
CÓDIGO:
DATA DE INST.:
Nº DE SÉRIE:
MODELO/TIPO:
CORRENTE:
GARANTIA:
FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO: Condução de água para combate a incêndio
CARACTERÍSTICAS GERAIS:

1. Referência Normativa: NBR 11861 - Mangueira de incêndio - Requesitos e métodos de ensaio

> As mangueiras de incêndio devem atender a norma da ABNT.

2. Atenção

> O tipo de mangueira deve estar marcado nas duas extremidades do duto flexível.
> Certificar-se de que o tipo da mangueira de incêndio é adequado ao local às condições de aplicação, conforme NBR 11861.

CLASSIFICAÇÃO DE MANGUEIRA DE INCÊNDIO	
TIPO 1	Destina-se a edifícios de ocupação residencial. Pressão de trabalho máxima de 980 kPa (10kgf/cm²).
TIPO 2	Destina-se a edifícios comerciais e industriais ou Corpo de Bombeiros. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14kgf/cm²).
TIPO 3	Destina-se a área naval e industrial ou Corpo de Bombeiros, onde é indispensável maior resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.470 kPa (15kgf/cm²).
TIPO 4	Destina-se a área industrial, onde é desejável maior resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14kgf/cm²).
TIPO 5	Destina-se a área industrial, onde é desejável uma alta resistência à abrasão. Pressão de trabalho máxima de 1.370 kPa (14kgf/cm²).

> Verificar se a pressão na linha é compatível com a pressão de trabalho da mangueira.
> Seguir todas as instruções contidas na norma NBT 12779 - Inspeção, manutenção e cuidados em mangueiras de incêndio.
> A mangueira de incêndio deve ser utilizada por pessoal treinado.
> Não arrastar a mangueira sem pressão. Isso causa furos no vinco.
> Não armazenar sob a ação direta dos raios solares e/ou vapores de produtos químicos agressivos.
> Não utilizar a mangueira para nenhum outro fim (lavagem de garagens, prédios etc.) que não seja combate a incêndio.
> Para sua maior segurança, não utilize as mangueiras das caixas/abrigos em treinamentos de brigadas, evitando desgaste.
> As mangueiras utilizadas para treinamento de brigadas devem ser mantidas somente para este fim.
> Evitar a queda das uniões.
> Nunca guardar a mangueira molhada após lavagem, uso ou ensaio hidrostático.

Tabela 3.2 - Procedimento de uso-padrão (continuação)

PUP - Procedimento de Uso Padrão Mangueira de Incêndio	**Número:** 000.0401.001 **Data:** --- **Nº de Páginas:** 2/2

3. Durante o uso

> Evitar a passagem da mangueira sobre os cantos vivos, objetos cortantes ou pontiagudos, que possam danificá-la.
> Não curvar acenduadamente a extremidade conectada com o hidrante. Isso pode causar o desepatamento da mangueira.
> Cuidados com golpes de aríete na linha causados por entrada de bomba ou fechamento abrupto de válvulas e esguicho (segundo a norma americana NFPA 1962, a pressão pode atingir sete vezes, ou mais, a pressão estática de trabalho). Isso pode romper ou desempatar uma mangueira.
> Quando não for possível evitar a passagem de veículo sobre a mangueira, deve ser utilizado um dispositivo de passagem de nível. É recomendado o dispositivo sugerido pela norma NBR 2779.

4. Inspeção e Manutenção

> Deve ser ensaiada a cada 3 meses.
> Deve ser ensaiada hidrostaticamente a cada 12 meses.
> Esses serviços devem ser realizados por profissionais ou empresa especializada e seguir a norma NBR 12779

5. Lavagem

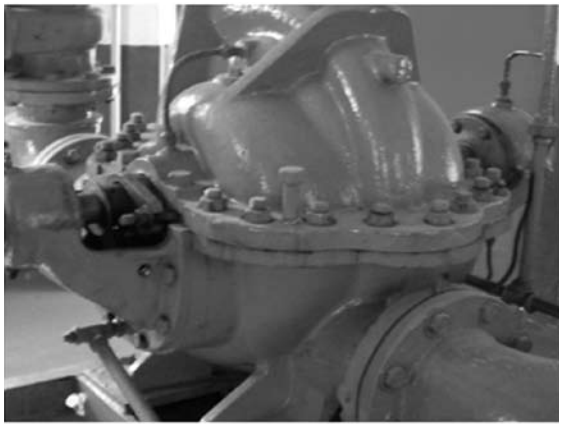
> Deve ser utilizada água potável, sabão neutro e escova macia.
> Secar a mangueira à sombra, utilizando um plano inclinado ou posicionando-a na vertical.
Obs.: Nunca sacar a mangueira expondo-a diretamente ao sol.

Elaborado por:	Vitor E. G. Atik		
Revisão:	---	**Data:**	Ano/2007
Revisado por:	Silvio Bento da SIlva		
Aprovado por:	Educardo Linzmayer		

Fonte: www.bombeirosemergencia.com.br. Acesso em 21 de junho de 2007.

Relatório de não-conformidade: tem como principal objetivo relatar uma não-conformidade no equipamento. Esse relatório deve ser preenchido pela equipe de manutenção.

Tabela 4 - Relatório de não-conformidade

RNC - RELATÓRIO DE NÃO CONFORMIDADE		
EMPRESA: ---		**DATA:** Nº 1298-65
ÁREA: Técnica	**SUB-ÁREA:** Casa de Maq. de Sprinklers	**SETOR:** Segurança contra incêndio
DESCRIÇÃO: Motor e bomba do sistema de chuveiros automáticos		
FUNÇÃO: Produzir movimentos impulsos eletro-magnéticos		
EVIDÊNCIA FOTOGRÁFICA		
		
ANOMALIA: Vazamento de água na bomba do sistema de chuveiros automáticos		
CONSEQÜÊNCIA: Parada do sistema por mal funcionamento e perdas energéticas		
CAUSA PROVÁVEL: Selo mecânico danificado		
AÇÃO PROPOSTA: Recondicionar a bomba do motor		
PRIORIDADE (0, 1, 2): 0		
MODALIDADE(S): Mecânica		
REF. NORMATIVA E LEGAL: NBR 10897 IT 23/2004 DE 46076/01		
NOTAS:		

Relatório de acompanhamento técnico: deve ser preenchido pelas equipes de manutenção no acompanhamento de instalação e reformas de equipamento, quando executados por empresas contratadas ou terceirizadas, será necessário, um acompanhamento técnico e específico.

Tabela 05 - Relatório de acompanhamento técnico

RELATÓRIO DE ACOMPANHAMENTO TÉCNICO (RAT)
Data: 10/04/2007 **Locais:** Edificação **Horário:** 15h **Participante:** Engenheiro José Carlos **Acompanhante:** Chefe de Manutenção Gilberto Alves **Representantes da empresa contratada:** Luís Antônio
Asssuntos tratados: - Inspeção de casa de bombas de incêndio - Pressurização da rede de hidrantes e sistemas de chuveiros automáticos - Inspeção visual das mangueiras de incêndio - Verificação do sistema de alarme e detecção
Outros assuntos: - Próxima visita para inspeção dos registros de recalque
Engenheiro José Carlos

5. Tratamentos das falhas de sistemas e equipamentos de SCI

O programa de manutenção de sistemas e equipamentos deve prever um sistema de tratamentos de falhas, elaborando-se uma rotina de procedimentos. Harilaus em seu livro “Gerenciando a Manutenção Produtiva” propõe as seguintes etapas:

1 - Detecção e relato da falha.
2 - Ação corretiva para remover o sintoma.
3 - Registro e análise das falhas para identificar suas causas fundamentais.
4 - Planejamento e execução das contramedidas para bloquear as causas fundamentais.
5 - Acompanhamento da execução das contramedidas.
6 - Análise periódica dos registros de falhas para identificar falhas crônicas e prioritárias e definir projetos com metas.
7 - Execução dos projetos por meio do Ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), de solução de problemas.

1- Detecção e relato da falha: A brigada de incêndio da edificação e os técnicos de manutenção devem ser treinados para detectar e relatar os sinais das falhas antes de sua ocorrência.

2- Ação corretiva para remover o sintoma: A equipe de brigada de incêndio, ao constatar uma falha deve acionar os técnicos de manutenção para que sejam realizados os reparos necessários.

3 - Registros e análise das falhas para identificar suas causas fundamentais: A brigada de incêndio deve auxiliar a equipe técnica de manutenção, na investigação das causas, buscando um questionamento dos “por quês” ocorreu a falha.

4 - Planejamento e execução das contramedidas para bloquear as causas fundamentais: Deve-se estabelecer medidas que impeçam a reincidências das falhas constatadas, tais como: medidas de inspeção periódica, treinamentos, substituições de peças.

5 - Acompanhamento da execução das contramedidas: A equipe de manutenção deve realizar um acompanhamento técnico de implantação das medidas, elaborando-se um relatório e fiscalização periódica.

6 - Análise periódica dos registros de falhas para identificar falhas crônicas e prioritárias e definir projetos com metas: a utilização de estudos estatísticos possibilita identificar as falhas crônicas; essas falhas devem exigir que a brigada de incêndio e os técnicos de manutenção mantenham maior atenção, em função da gravidade de ocorrências ou interrupção de sistemas de segurança.

7 - Execução dos projetos por meio do Ciclo PDCA (Plan, Do, Check e Action): os estudos estatísticos permitem identificar e orientar que determinadas falhas possam se repetir, estabelecendo-se medidas adequadas preventivamente. A aplicação de ferramentas de qualidade possibilita a redução de falhas e paradas técnicas dos sistemas e equipamentos de SCI.

Na Tabela 6, apresenta-se um sistema de tratamento de falhas.

Tabela 6 - Resumo do sistema de tratamento de falhas

ETAPAS	PONTOS IMPORTANTES
	• A falha ocorre e é detectada por meio do seu sintoma. Por exemplo, o equipamento parou devido à queima do motor elétrico • Em muitos casos, sinais da falha podem ser detectados a tempo, antes que ocorra. Por exemplo, cheiro estranho, ruído anormal ou sobreaquecimento do motor elétrico. Nesse caso, a parada da produção poderá ser minimizada
Tomar ações corretivas	• Essas ações deverão ser tomadas imediatamente e visam somente à eliminação do sintoma da falha. Por exemplo, trocar o motor queimado • Ações corretivas confiáveis contribuem para prevenir novas ocorrências da falha
Investigar a causa fundamental da falha	• O operador da produção faz a investigação inicial da causa da falha sob o ponto de vista da operação do equipamento • Utilizando o seu conhecimento técnico, o pessoal do departamento de manutenção deve prosseguir na investigação das causas fundamentais, utilizando o "Princípio dos 3 Gen" (Genba, Genbutsu e Gensho) e o "Método dos por quês"
Fazer o registro da falha	• Elaborar o relatório de falha, registrando principalmente: (1) descrição da falha, (2) ação corretiva tomada, (3) causas fundamentais, (4) ações de bloqueio das causas fundamentais para prevenir a reincidência da falha – 5W1H • O objetivo desse registro é permitir a análise das informações sobre a falha. Por isso, ele deve ser suficientemente simples
Revisar os relatórios de falha	• De acordo com a gravidade da falha (medida por meio do nível de influência na produção), o relatório de falha deve ser revisado pelos níveis hierárquicos superiores para verificar se as causas fundamentais foram corretamente • Também nesse caso, utilizar o "Princípio dos 3 Gen" quando ocorre a falha, o que permitirá um melhor entendimento das informações dos relatórios de Falha durante sua revisão

ETAPAS	PONTOS IMPORTANTES
Tomar ações corretivas adicionais	• Com base na revisão dos relatórios de falha, os níveis superiores devem sugerir ações corretivas adicionais, caso necessárias
Estabelecer contramedidas adicionais	• Com base na revisão dos relatórios de falha, os níveis superiores devem sugerir contramedidas adicionais, caso a investigação inicial tenha sido incompleta
Executar 5W1H	• Colocar em prática as contramedidas propostas por meio do 5W1H
Acompanhar a execução do 5W1H	• Fazer reunião de revisão periódica dos relatórios de falha (somente 5W1H) em andamento para: (1) verificar se as causas fundamentais foram corretamente identificadas (2) acompanhar a execução das contramedidas conforme 5W1H proposto (3) planejar novas contramedidas e revisar 5W1H, se necessário (4) estender contramedidas para equipamentos similares
Fazer a análise periódica dos relatórios de falha	• Após um período de tempo adequado (por exemplo, 3 meses. 6 meses ou 1 ano), fazer a análise de Pareto dos relatórios de falha • Estratificar as falhas por tipo de equipamento, causa da ocorrência, número de ocorrência e tempo de interrupção da produção
Definir projetos e metas	• Como resultado da análise de Pareto, identificar falhas reincidentes e prioritárias e definir temas dos projetos e suas respectivas metas
Executar projetos	• Executar os projetos para atingir as metas propostas por meio do PDCA de solução de problemas

Fonte: Gerenciando a manutenção produtiva, pág. 129.

6. Melhoria contínua na manutenção

As atividades de manutenção devem acompanhar a evolução das tecnologias, utilizando-se de ferramentas de gestão e controle a fim de facilitar os trabalhos, aumentar a confiabilidade e proporcionar melhores resultados de operação e produtividade. O emprego de solftware de manutenção tem auxiliado no melhor controle e acompanhamento das atividades diárias, mantendo-se os registros das informações e o gerenciamento das atividades.

O cumprimento dos procedimentos-padrão requer um programa de educação e treinamento voltados às atividades de manutenção, possibilitando, dessa forma, maior conhecimento habilidade às equipes de brigada e aos técnicos de manutenção.

A certificação de empresas especializadas nas atividades de SCI também permite melhor tratamento dos sistemas e equipamentos de SCI.

7. Conclusões e recomendações

A SCI depende de sistemas e equipamentos confiáveis para o seu funcionamento. Nas situações de emergências a resposta deve ser rápida e correta. A implantação de um programa de manutenção, aliado ao treinamento contínuo, permite reduzir a incidência de falhas.

As normas de manutenção de sistemas e equipamentos e a aplicação de procedimentos-padrão auxiliam e facilitam as operações diárias e de combate.

A manutenção deve possuir programas específicos para cada medida de segurança contra incêndio, com rotinas de inspeção, testes e ensaios, que devem ser realizados pelas equipes de brigada de incêndio e por equipes

especializadas, cabendo a fiscalização aos responsáveis técnicos e ao proprietário da edificação.

A implantação de um programa de manutenção, além do cumprimento legal, previne incêndios, diminui custos, reduz prejuízos e proporciona a tranqüilidade e segurança aos usuários das edificações.

Os projetos de instalações de sistemas e equipamentos de segurança contra incêndio devem ser elaborados de acordo com as legislações e normas vigentes.

Os profissionais técnicos responsáveis devem ser credenciados pelo Conselho de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA) e deverá emitir o documento denominado ART – Anotação de Responsabilidade Técnica, para a elaboração de serviços de segurança contra incêndio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5462-1994 – *Confiabilidade e mantenabilidade*.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13971-1997 – *Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar e ventilação – Manutenção programada.*
- BRENTANO, Telmo. *Instalações hidráulicas de combate a incêndios nas edificações.* 2° Edição revisada. Edipurs, 2005.
- KLINKER, Richard L.; CARSON, Wayne G. *Ispection, Test & Maitenance Manual*. Third Edition. National Fire Protection Association, 2000.
- LINZMAYER, Eduardo. *Guia básico para administração da manutenção hoteleira.* 3ª edição. Editora Senac. São Paulo: 2004.
- *Regulamento de Segurança contra Incêndio e Áreas de Riscos.* Decreto Estadual n° 46076/01 – São Paulo: Corpo de Bombeiros, 2005.
- XENOS, Harilaus Georgius D´Philippos. *Gerenciando a manutenção produtiva.* Nova Lima: INDG Tecnologias e Serviços Ltda. Belo Horizonte: 2004.
- www.abnt.org.br. Acesso em 20 de junho de 2007.
- www.anp.gov.br. Acesso em 16 de junho de 2007.
- www.bombeirosemergencia.com.br. Acesso em 21 de junho de 2007.

XXV
GERENCIAMENTO
DOS RISCOS DE INCÊNDIO

Dayse Duarte
PhD em Engenharia de Incêndios, professor do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, e-mail: duarte@ufpe.br

José Jéferson Rêgo Silva
PhD em Engenharia Civil, professor do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, e-mail: jjrs@ufpe.br

Tiago Ancelmo de Carvalho Pires
MsC em Engenharia de Produção, pesquisador do RISCTEC/UFPE, tacpires@yahoo.com.br

Manuel Messias de Oliveira
MsC em Ciências Biológica, pesquisador do RISCTEC/UFPE, messias@hotlink.com.br

1. Introdução

Iniciaremos este capítulo respondendo ao seguinte questionamento: Por que os incêndios e a explosão acontecem em uma refinaria, usina hidroelétrica ou edificação, apesar de já existir uma ampla experiência em projeto, construção e operação? Apesar da maturidade da tecnologia, excelente gerenciamento dos riscos, incêndios, considerados eventos raros, acontecem matando operadores e causando perdas substanciais. Um incêndio poderá ter um impacto pequeno, isto é, sem prejuízo para a continuidade operacional do sistema, ou significativo, sendo sinônimo o blackout ocorrido em Florianópolis. Em outubro de 2003, durante a manutenção de cabos na ponte Colombo Salles que liga Florianópolis ao continente, um incêndio na cabeação deixou 300 mil pessoas sem energia durante 48h. Esse incêndio deixou evidente que a redundância dos sistemas não leva em consideração incêndios.

Enquanto os engenheiros que projetaram uma refinaria ou uma usina hidroelétrica reconhecem e entendem os perigos de incêndios, por meio das interações do sistema e buscam preveni-los, é o operador da planta o responsável por operá-la de forma segura no seu dia-a-dia. Logo, é imprescindível que ele esteja consciente sobre o que pode dar errado e, talvez mais importante, como pode dar errado.

Assumiremos que uma planta de processamento representa um sistema com muitas partes (ou seja, subsistemas ou unidades) que interagem entre si e com o meio ambiente. Para entender como os incêndios acontecem é necessário visualizar as interações entre os subsistemas. A existência de muitos subsistemas não é problema para os engenheiros que projetaram e operam a planta, se as interações são previsíveis e óbvias, ou melhor, desejáveis. Em outras palavras, enquanto algumas interações são familiares outras não são visíveis ou não são compreendidas de imediato. Os projetistas poderão antecipar algumas interações indesejáveis outras não. Algumas dessas interações poderão resultar em uma seqüência de eventos (isto é, falhas) que poderá conduzir a um incêndio. As interações não-desejáveis poderão ser prevenidas, por exemplo, um vazamento de gás e sua subseqüente ignição poderão influenciar alguns aspectos do projeto: a) localização das defesas ativas b) localização dos detectores de gás c) tipos de sistemas de supressão d) os equipamentos para situações de emergências.

Tendo por intenção melhorar a disponibilidade dos equipamentos e a eficiência da planta, alguns sistemas automáticos de controle são necessários. Além disso, talvez não haja tempo suficiente para os operadores de campo atuarem nos instantes que antecedem uma situação de emergência. Em outras palavras, a complexidade dos sistemas automatizados aumenta a probabilidade de erros humanos nesse projeto, provavelmente porque há um aumento do número de interações não-desejáveis. As interações não planejadas, quando combinadas com outros eventos, podem resultar em incêndios e explosões. Por outro lado, se o layout é deficiente ou se os sistemas de proteção são subdimensionados o incêndio poderá atingir níveis incontroláveis.

Mesmo que um sistema de proteção contra incêndios, por exemplo, um sistema de *sprinkler*, esteja disponível, há muitas incertezas que poderão ser responsáveis pelo sucesso ou falha do sistema de proteção em

controlar o incêndio. *Há água suficiente e na pressão adequada fluindo por meio do sistema de sprinkler? A água é suficiente para terminar o incêndio? A água irá controlar o incêndio se o calor suficiente alcança os sprinklers heads para ativá-los?* A pergunta a ser feita não é se o incêndio irá ser controlado e extinguido, a pergunta a ser feita é: *Quando? Quando o incêndio atingir 20kW, 40kW, ou 600kW?*

Quando um engenheiro estrutural projeta uma viga, a carga a que ela estará submetia deve ser prevista. Da mesma forma as proteções contra incêndios devem estar em conformidade com o tipo de incêndio mais provável de acontecer. Devem ser previstos a quantidade de material que irá queimar e o tempo associado, tendo-se por finalidade ajudar os técnicos a formarem uma opinião sobre as possíveis conseqüências e estabelecer o embasamento necessário para o planejamento de emergências. Por outro lado, o potencial para ignição e desenvolvimento de um incêndio, o qual é um risco para a missão e objetivos de uma planta de processamento, está virtualmente em todos os lugares, devido às limitações da tecnologia hoje disponíveis, em combinação com a percepção da organização.

Dentro desse contexto é imprescindível e urgente identificar cenários, que nos ajudem a entender a sinergia existente entre os incêndios e uma planta de processamento. O cenário de um possível incêndio começa com a seleção do(s) sistema(s) de origem. O sistema de origem deve ser capaz de representar a planta, ou seja, se um incêndio ou explosão ocorresse, por exemplo, em uma refinaria (vide caso de estudo), quais os sistemas, áreas do processo, equipamentos, etc. que melhor representariam a planta? Os critérios para a seleção dos sistemas de origem adotados no presente estudo foram: 1) segurança das pessoas 2) danos à propriedade 3) impacto ao meio ambiente 4) continuidade operacional 5) obstáculos à extinção. Nos próximos parágrafos a história entre o incêndio e uma planta de processamento será narrada por meio da dinâmica dos incêndios, no contexto do gerenciamento dos riscos de incêndios.

2. Gerenciamento dos riscos de incêndios

Incêndios, explosões e a poluição ao meio ambiente são uns dos mais sérios e, na maioria das vezes, imprevisíveis eventos que afetam a vida, missão e objetivos da indústria de processamento, desde meados do século XIX. Ainda hoje, eles continuam a ocorrer, sendo o seu impacto econômico crescente. Apesar de profissionais acreditarem que alguns desses acidentes não possam ser prevenidos, é nossa opinião que todos os acidentes podem ser evitados.

O risco é uma combinação da magnitude de conseqüências indesejáveis e da probabilidade dessas conseqüências ocorrerem. As conseqüências de um acidente podem ser agrupadas em conseqüências para as pessoas, meio ambiente e socioeconômicos. As conseqüências para as pessoas envolvem os impactos dentro e além dos portões da planta. O impacto sobre o meio ambiente, isto é, ecossistema, inclui a destruição da fauna e flora, poluição da atmosfera, contaminação do solo, entre outros. E, finalmente, o impacto sacioeconômico resultante da descontinuidade operacional.

A metodologia para o gerenciamento dos riscos de incêndios e explosão (Figura 1) foi estruturada para identificar as fontes de perigos interna e externa à organização. E está baseada nos seguintes questionamentos:

1. O que pode dar errado?

2. Como pode dar errado? Como a organização e as suas barreiras de proteção (isto é, sistemas de proteção) irão reagir a eventos indesejáveis, ou seja, desvios do sistema e subsistemas.

3. Quais as conseqüências desses desvios?

As primeira e segunda etapas consistem na identificação dos perigos e estruturação da seqüência de eventos com o potencial de degradar as barreiras de proteção, respectivamente. Após identificar os eventos iniciadores, ou seja, o que pode dar errado e analisar suas reações, levando em consideração a complexidade do sistema, visualizaremos os cenários de possíveis danos à planta, os quais deverão ser quantificados. A caracterização dos riscos, ou seja, o impacto é também função das condições meteorológicas e topográficas da região.

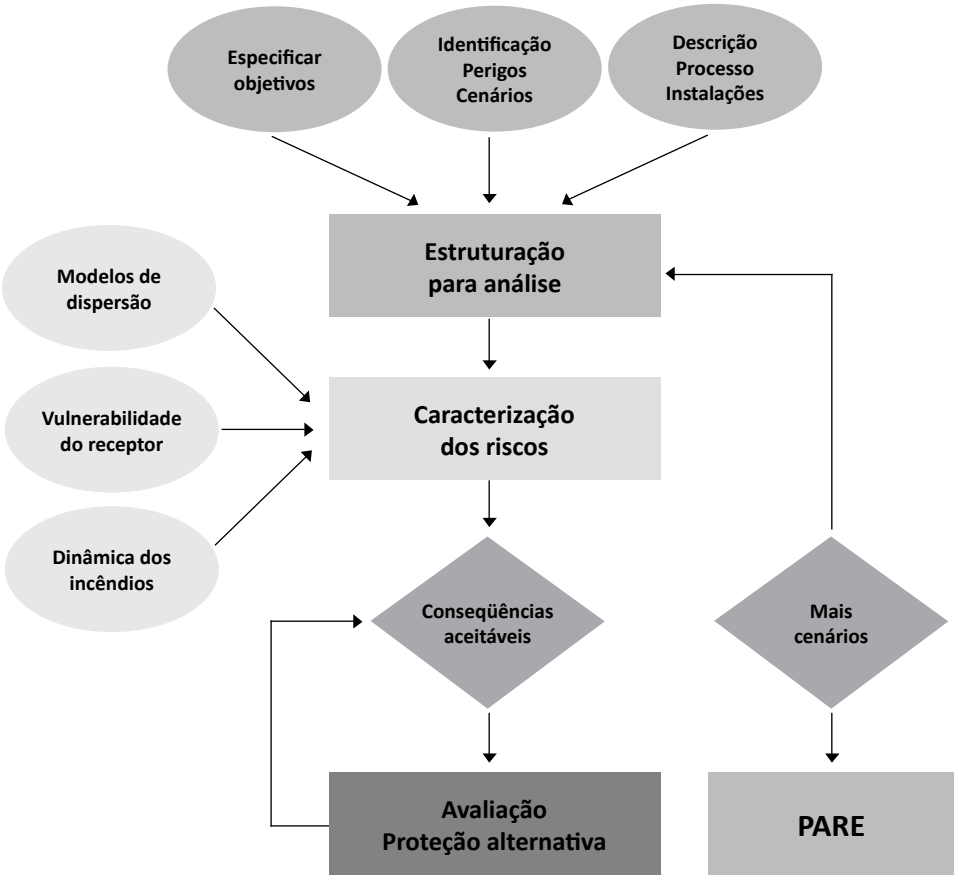


FIGURA 1 - Estruturação para o gerenciamento dos riscos de incêndio e explosão

A estruturação para análise é o primeiro passo de um programa de gerenciamento dos riscos de incêndio e explosão e envolve as seguintes etapas: a) como a planta funciona e opera, isto é, descrição dos processos e instalações b) identificação dos perigos c) objetivos do gerenciamento.

O entendimento de como uma planta de processamento funciona e opera é imprescindível no decorrer da estruturação do problema. Essa etapa é facilitada para plantas já existentes. Contudo, para novas unidades, é fundamental o envolvimento das equipes responsáveis pelo projeto, cujas informações são essenciais para a identificação das incertezas indesejáveis.

Uma das mais importantes tarefas de um programa de gerenciamento de risco de incêndio é a identificação dos perigos, pois é impossível mitigar um perigo que não pode ser identificado, ou ao menos entendido. Identificação dos perigos é o processo pelo qual é feita uma investigação para detectar possíveis falhas com o potencial de degradar as barreiras de proteção do sistema.

A seguir, serão comentadas algumas técnicas usadas para a identificação de perigos recomendadas pelo *American Institute for Chemical Engineer-AIChE* (1992).

Os métodos de identificação dos perigos podem ser divididos em três grupos: a) *métodos comparativos* b) *métodos fundamentais* c) *métodos do diagrama das falhas lógicas*. Na Tabela 1 é apresentado resumidamente os métodos de identificação dos perigos mais usados. Ressaltamos que, mesmo que a identificação dos perigos seja realizada ao longo do ciclo de vida do sistema, ela não garantirá que incêndios e explosão não ocorrerão. Em outras palavras, apesar da possibilidade de agregar técnicas de identificação de perigos e alcançar uma análise mais apurada, nunca teremos a garantia que todas as situações de incêndios, causas e efeitos, tenham sido consideradas. Além disso, qualquer mudança no projeto ou nos procedimentos de operação e manutenção, podem ter impacto significativos na segurança da planta.

Tabela 1 - Métodos de identificação de perigos

MÉTODO DE IDENTIFICAÇÃO DE PERIGOS	Métodos Comparativos	*Checklists*
	Métodos Fundamentais	*WHAT IF*
		HAZOP
		FMEA
	Métodos dos Diagramas das Falhas Lógicas	*Árvore da Falhas*
		Árvore dos Eventos

Os métodos comparativos são baseados na experiência, que são traduzidos em *checklists*, procedimentos operacionais, normas, códigos, etc.. Em especial, os *checklists* precisam de respostas específicas para certas questões e elas podem também estimular a reflexão. Apesar de o *checklist* ser um método valioso para a identificação dos perigos, ele contém várias questões que são por vezes irrelevantes para o problema, e também, na maioria das vezes, o seu uso requer um considerável tempo para ser elaborado. Os *checklists* devem ser usados antes de qualquer decisão e nunca depois da decisão ser tomada, especialmente quando a decisão envolve questões incluídas neles. Os *checklists* apenas não são suficientes para identificar os perigos e os meios pelos quais eles podem acontecer.

Checklists são freqüentemente usados para identificação dos perigos, entretanto sua desvantagem é que os itens não incluídos neles não são discutidos e, na maioria das vezes, são ignorados. *Checklists* podem ser aplicados quando existem pouca ou nenhuma inovação, e quando todos os perigos já foram identificados em instalações similares. Os *checklists* tornam-se insuficientes quando existem inovações. Essa é a razão pelas quais as indústrias de processamento optam por técnicas mais criativas, baseadas em questões mais abertas. Tais técnicas são o HAZOP (isto é, identificação de perigos e operabilidade) e o FMEA (isto é, análise de modos de falha e efeitos). Portanto os métodos fundamentais, muito populares na indústria de processo, incluem o HAZOP e a FMEA, os quais são estruturados no sentido de estimular um grupo de profissionais para identificar os perigos baseados nos seus próprios conhecimentos e experiência.

HAZOP é um estudo qualitativo que fornece uma descrição completa do processo.

De um modo geral as seguintes questões são colocadas:

- *Qual a intenção do projeto?*
- *Quais são os desvios que podem acontecer no projeto inicial?*
- *O que pode causar desvios no projeto inicial?*
- *Quais são as conseqüências dos desvios no projeto inicial?*

A palavra projeto aqui deve ser entendida como condições de operação, condições de processo, funções da planta e localização da planta.

A análise de falha e efeito – FMEA explora a maneira pela qual os componentes de um equipamento podem falhar e o seu efeito na confiabilidade do sistema. Em geral, o FMEA não incorpora o erro humano, embora não exista uma razão específica para tal exclusão. O FMEA proporciona uma análise qualitativa e uma sistemática lista de modos de falha em nível de componente e seus efeitos no sistema. Uma das vantagens do FMEA é que ele pode ser facilmente atualizado, com resultado de alterações no projeto ou outras modificações no processo. O mecanismo de falha, isto é, modo de falha, de um equipamento ou de seus componentes descreve como o equipamento e/ou seus componentes falham (ou seja, aberto, fechado, com vazamento, entre outros). O efeito do modo de falha é determinado pela resposta do sistema à falha do equipamento. O FMEA identifica modos de falhas individuais que contribuem direta ou indiretamente para um incêndio e explosão.

As árvores dos eventos e das falhas representam os métodos dos diagramas das falhas lógicas tradicionais. A árvore dos eventos é um diagrama lógico que identifica a seqüência no tempo de uma cadeia de eventos. Cada galho representa uma seqüência distinta de eventos, ou seja, um cenário. Árvore das falhas é um processo dedutivo pelo qual o evento-topo é postulado e as possíveis formas desse evento ocorrer são sistematicamente deduzidas.

A árvore das falhas direciona a análise para uma pesquisa sobre as falhas do sistema; indica os aspectos relevantes do sistema que podem conduzir a falhas. A representação gráfica da árvore das falhas permite a visualização do mecanismo das falhas para aqueles que não estão envolvidos na gestão dos riscos ou que não participaram ou participam do projeto ou de suas mudanças; permite uma análise quantitativa e qualitativa e examina os detalhes da falha e o comportamento do sistema.

A árvore das falhas mostra uma seqüência lógica de falhas independentes, que irão levar ao evento principal. Uma de suas limitações é que os galhos da árvore devem ser independentes, e isso se torna uma limitação inaceitável na identificação de perigos em Sistema Eletronicamente Programáveis - SEP. Esses sistemas possuem na maioria das vezes softwares e equipamentos comuns. Outras limitações da árvore das falhas é a dificuldade inerente para tratar com as propriedades temporais de um acidente, ou seja, a seqüência com que os eventos ocorrem. Essa dificuldade não está presente na árvore dos eventos.

A identificação dos perigos deve ser realizada durante todo o ciclo de vida de um sistema. Apesar da dificuldade de quantificar seus benefícios em um curto período de tempo, os benefícios de uma avaliação dos perigos são substanciais. Esses benefícios incluem:

- Poucos acidentes ou incêndios durante o ciclo de vida do processo.
- As conseqüências são menores quando eventuais acidentes acontecem.
- O tempo de resposta durante uma situação de emergência é menor.
- Melhoria nos programas de treinamento.
- Melhor relacionamento com a comunidade.

Contudo, esses benefícios não podem ser alcançados sem um investimento. Dependendo da complexidade do sistema, a identificação dos perigos pode levar algumas horas ou meses para acabar. Por outro lado, apesar de cada técnica de análise ter diferentes características, a escolha da técnica de identificação dos perigos a ser usada durante a estruturação para análise pode ser um trabalho difícil. Em geral, a seleção envolve a escolha de várias técnicas de análise para diferentes partes do processo, ou diferentes perigos associados ao sistema. A seleção das técnicas a serem usadas durante a identificação do problema depende dos objetivos do programa de gerenciamento, da severidade dos riscos, da complexidade do processo, das informações disponíveis, e do tempo e recursos disponíveis. É inicialmente recomendada uma análise qualitativa porque as técnicas qualitativas são de execução relativamente simples. Todavia, é necessário se ter em mente que as técnicas quantitativas complementam as qualitativas e são fortemente recomendadas para sistemas complexos e grandes.

As técnicas HAZOP ou FMEA são recomendadas para serem usadas no desenvolvimento da identificação de perigos de sistemas complexos. Em sistemas menos complexos, nos quais os riscos são menores, pode-se fazer uso de técnicas mais simples, isto é, WHAT IF. Por outro lado, em sistemas mais complexos, em que existem riscos mais severos, uma análise mais detalhada deverá ser usada, isto é, por meio da análise da árvore das falhas ou dos eventos. O segredo é selecionar a técnica de análise que melhor satisfaz às exigências do problema, usando uma base técnica e complementando suas deficiências com outras técnicas, de forma que um estudo eficiente possa ser desenvolvido.

Os objetivos do gerenciamento dos riscos de incêndios incluem a identificação da sensibilidade das pessoas, equipamentos e continuidade operacional aos impactos térmicos e dos produtos de combustão, bem como o tempo necessário para as ações de emergências. Concluindo, a estruturação do problema como o primeiro passo de um programa de gerenciamento dos riscos de incêndios procura identificar o que está em risco com relação às pessoas, à propriedade, a continuidade operacional, a missão e aos objetivos da organização e, se for necessário, a comunidade e ao meio ambiente. Deve-se ter em mente o tipo do incêndio que será avaliado e gerenciado, tanto quanto os objetivos da empresa são fundamentais no programa como um todo. Por outro lado, as definições dos objetivos do gerenciamento, em geral, é um processo difícil, talvez porque as pessoas usualmente não têm o hábito de pensar no que é importante para a continuidade da missão após uma falha crítica que conduza a um incêndio ou explosão. O conhecimento do que está em risco tornam claras as decisões que serão tomadas.

Para quantificar as conseqüências de um incêndio ou explosão para as pessoas, propriedade e meio ambiente, ou seja, para caracterizar os seus riscos, deve-se simular a evolução do incêndio. Em geral a evolução do incêndio segue as seguintes etapas:

1. Inicialmente há um vazamento de uma substância flamável para o ambiente. Esse vazamento poderá ser na forma gasosa, líquida ou bifásica.

2. No caso de vazamento de líquido esse se evaporará.

3. Se a substância for flamável existe a possibilidade de ignição imediata.

4. Se a substância for tóxica ou flamável e não sofrer ignição imediata, ela será dispersa na atmosfera na forma gasosa.

5. Substâncias gasosas talvez sejam inaladas pelas pessoas. Se a dose exceder os limites de tolerância há possibilidade de fatalidades.

6. Se houver ignição poderá haver danos às pessoas, comunidade, estruturas e meio ambiente em conseqüência do impacto térmico, das ondas de choques no caso de uma explosão e dos produtos de combustão.

7. Se a substância liberada estiver na forma líquida será formada uma poça. Um incêndio de poça será iniciado caso haja uma fonte de ignição disponível.

O entendimento da evolução do acidente é imprescindível para a caracterização dos riscos. A caracterização dos riscos (Figura 2) é realizada através da modelagem dos fenômenos físicos envolvidos: 1) modelo de dispersão de gases 2) modelo de incêndios de jato e poça 3) modelo de explosão de nuvem de gás, além da 4) estimativa da vulnerabilidade dos receptores.

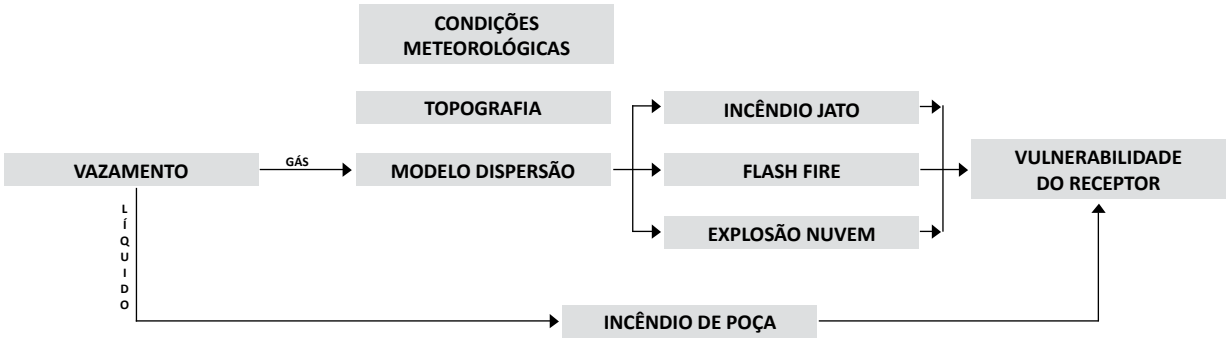


FIGURA 2 - Caracterização dos riscos

Um efeito indesejável de uma explosão é a projeção de fragmentos, os quais podem causar morte ou ferimentos graves, danos a propriedades, além de desencadear novos incêndios e/ou explosões, isto é, efeito dominó. O efeito dominó está associado a incêndio, explosão e lançamento de projéteis. É possível que sob determinadas condições um acidente que tenha tido origem em uma unidade ou área da planta propague-se resultando em incêndios/explosão nas suas adjacências criando uma cadeia de acidentes. Logo devem ser identificadas as áreas da planta que favorecem a propagação do incêndio ou explosão.

Concluindo, os cenários definirão a natureza do vazamento e determinarão a seqüência de eventos que poderão resultar em incêndios e/ou explosão. A seqüência de eventos é afetada pela direção e velocidade dos ventos, pela topografia, dimensões do vazamento, fontes de ignição presentes, entre outros. Uma seqüência típica de eventos que poderá resultar em um efeito dominó é apresentada na Figura 3. Nos próximos itens serão detalhados os modelos matemáticos utilizados para as quantificações dos fenômenos físicos identificados na caracterização dos riscos (Figura 3).

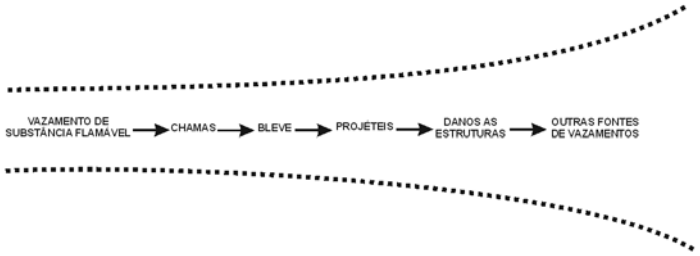


FIGURA 3 - Seqüência de eventos

3. Incêndio de jato

A maioria dos incêndios envolvendo gases liberados sob pressão está associada com altas pressões e são denominados incêndios de jato (isto é, *jet fire*), ou melhor, dado que um vazamento sob pressão seja deflagrado e sofra ignição entre dois e três minutos após iniciado o vazamento, o resultado é um intenso jato de chamas. Em outras palavras, *jet fire* são chamas difusas e turbulentas resultante da combustão de líquidos ou gases liberados sob pressão de forma continua. *Jet fire* não tem inércia atingindo a intensidade máxima quase instantaneamente. O *jet fire* ou parte dele pode ser defletido por estruturas ou equipamentos existentes nas proximidades do vazamento. O *jet fire* é também afetado pela direção e velocidade dos ventos.

A velocidade do jato de gás influi significativamente no comportamento do *jet fire*. Primeiro a velocidade de liberação dos gases deve ser alta o suficiente para permitir a entrada de uma considerável quantidade de ar dentro do jato. Segundo a chama tenderá a se estabilizar em um ponto do jato no qual a velocidade da chama turbulenta é igual à velocidade local de mistura de gases. A estabilização do *jet fire* pode também ser alcançada por meio de obstruções ou obstáculos no percurso do jato. Para a maioria das avaliações de risco *onshore* e *offshore*, a presença de estruturas ou equipamentos tende a estabilizar o *jet fire*, isto é, o *jet fire* é assumido estável.

À medida que a vazão do gás aumenta, a quantidade de ar entrante no jato também aumenta, diminuindo a concentração do gás no jato e a chama se propaga na direção oposta ao local de vazamento. Eventualmente, haverá pontos no jato em que a concentração de gás (isto é, combustível) estará no lado fraco da mistura, ou seja, abaixo do menor limite de flamabilidade e a chama tenderá a se auto-extinguir.

Um *jet fire* é normalmente bastante destrutivo a qualquer estrutura nas suas proximidades, devido à radiação térmica e ao calor de convecção, além das extremidades da chama. A alta velocidade de escape dos gases e a adição de ar no jato tornam sua combustão mais eficiente do que a de um incêndio de poça. Os primeiros 10% do comprimento do *jet fire* é considerado gás e não sofre ignição, podendo ocorrer um *lift off*. O *lift off* representa a separação entre o ponto de liberação do gás e o início da chama, devido à velocidade e concentração do gás nessa região. O *lift off* poderá ser definido como sendo o ponto ou região em que aparece uma chama azul. O maior fluxo de calor normalmente ocorre a uma distância além de 40% do comprimento da chama, a partir de sua fonte.

Há vários modelos analíticos para determinar as dimensões da chama, uma revisão completa desses modelos poderá ser encontrada em Lees (2001), *Health and Safety Executive* (1992), Bagster & Schubach (1996), entre outros. Os modelos aqui apresentados são modelos experimentais e a utilização de suas formulações deve ser restringida ao campo de atuação da base dos experimentos associados ao modelo. As dimensões da chama foram estimadas por meio dos modelos propostos por Hustad e Sonju (1984) e Cook, Bahrami e Whitehouse (1990). A ação do vento sobre a chama foi prevista por meio do API RP 521.

3.1. INCLINAÇÃO DO JET FIRE DEVIDO À AÇÃO DO VENTO

É esperado que a trajetória do jato e, conseqüentemente, da chama seja afetada pela velocidade de saída do jato, velocidade do vento e densidade do gás. Os três vetores primários que afetam a trajetória do jato são esquematicamente mostrados (Figura 4). À medida que a velocidade do jato de gás diminui a tendência é que ele sofra uma deflexão na direção do vento.

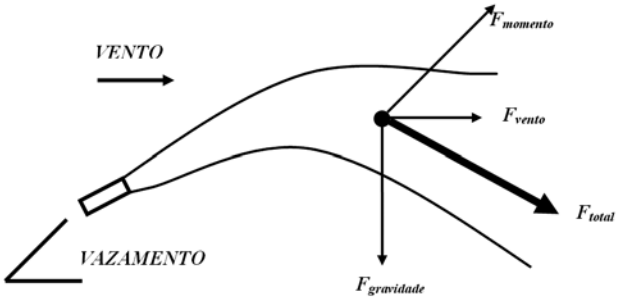


FIGURA 4 - Representação esquemática das forças que afetam a trajetória do jato de gás

A inclinação da chama foi estimada por meio do API RP 521 *Guide for Pressure Relieving and Depressuting Systems*, o qual é baseado nos estudos experimentais de Brzustowski *et alli*. Vale ressaltar que, segundo Lees (2001) e outros pesquisadores, a metodologia recomendada pelo *Americam Petroleum Institute* superestima o calor liberado.

Segundo o API RP 521, a distorção da chama causada pela velocidade do vento é o resultado do desvio horizontal (Δx) e do vertical (Δy) da ponta da chama (Figura 5), o qual é função da razão entre a velocidade do vento, U_∞, e a velocidade na ponta da chama, U_j ou melhor, $\frac{U_\infty}{U_j}$. A velocidade da ponta da chama foi obtida através da Equação 1.

Equação 1

$$U_j = \frac{V}{\pi.(d^2/4)}$$

onde

U_j = a velocidade na ponta da chama (m/s)

V = a vazão volumétrica (m³/s)

d = o diâmetro da seção do vazamento (m)

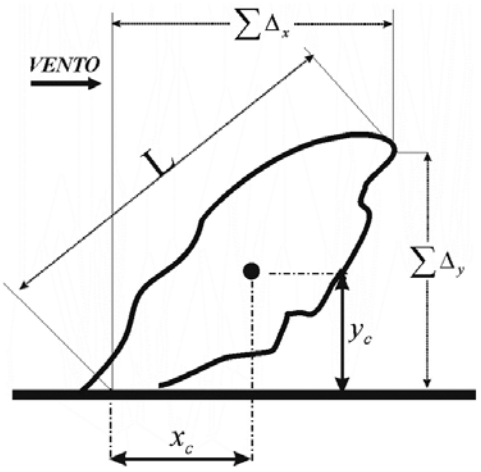


FIGURA 5 - Representação esquemática dos desvios que afetam a velocidade na ponta da chama. Fonte API RP 521

Os desvios horizontais e verticais da ponta da chama são obtidos por meio do comprimento da chama e da razão $\sum \frac{U_\infty}{U_j}$, segundo correlação apresentada (Figura 6).

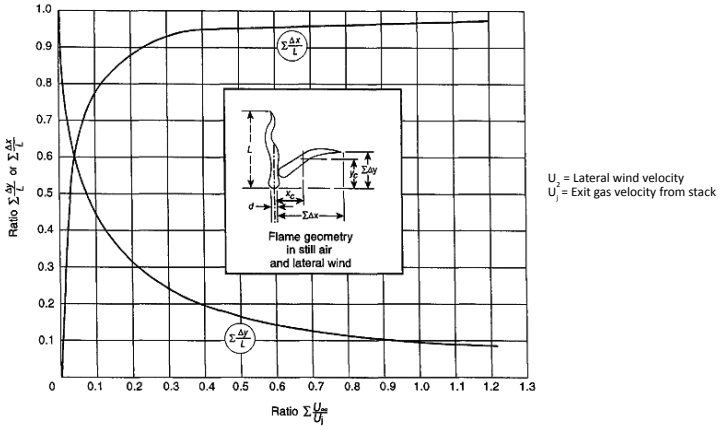


FIGURA 6 - Distorção chama devido à velocidade lateral do vento e do jato de gás. Fonte API RP 521

O comprimento da chama é previsto por meio do calor liberado (Figura 7). Sendo o calor liberado fornecido pela Equação 2. O comprimento da chama poderá também ser estimado pelo modelo proposto por Cook *et alli* (apud Lees, 2001), Equação 3.

Equação 2 $$Q = m \bullet \Delta H_c$$

onde:
Q = é o calor liberado (kW)
m = é a vazão mássica (Kg/s)
ΔH_c = é o calor de combustão (kJ/kg)

Equação 3 $$L = 0{,}00326[m(-\Delta H_c)]^{0{,}478}$$

onde:
L = é o comprimento da chama
m = é a vazão mássica (Kg/s)
ΔH_c = é o calor de combustão (kJ/kg)

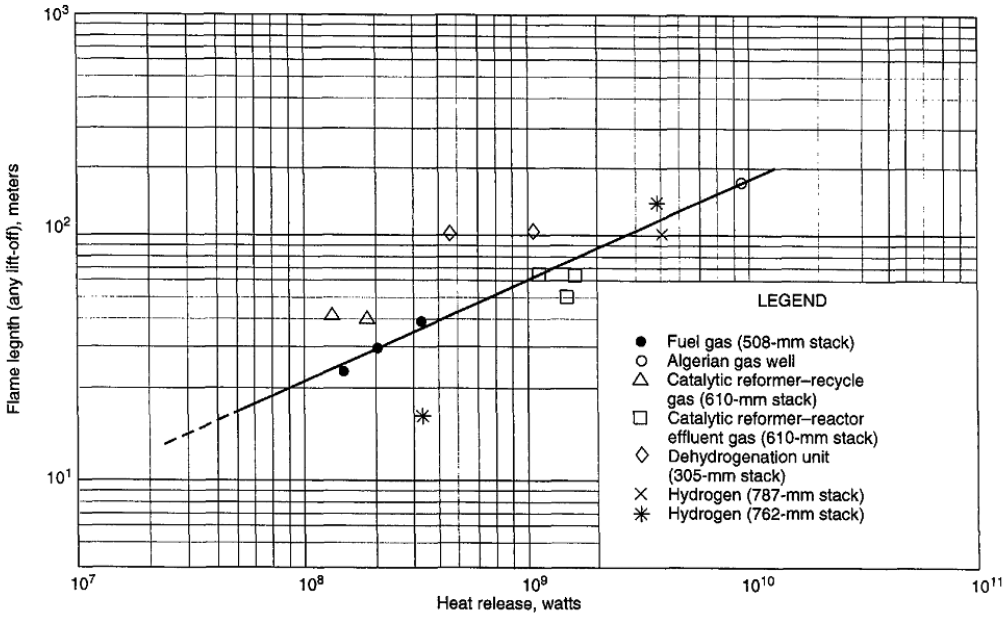


FIGURA 7 - Comprimento da Chama versus o Calor Liberado. Fonte API RP 521

3.2. ENERGIA TÉRMICA LIBERADA PELO JET FIRE

Energia térmica é transmitida sempre que existir um gradiente de temperatura no interior de um sistema ou quando dois sistemas com diferentes temperaturas são colocados em contato. O processo pelo qual a energia é transportada é chamado de transferência de calor. O que transita, chamado de calor, não pode ser medido ou observado diretamente, mas os efeitos por ele produzidos são suscetíveis à observação e à medida. A literatura reconhece três modos distintos de transmissão de calor: *condução, radiação e convecção*. A Figura 8 mostra a combinação dos três mecanismos de transferência de calor. Na etapa inicial os modos predominantes de transmissão de calor são: a condução e a convecção. Inicialmente, a estrutura absorve o calor proveniente do incêndio praticamente pela condução e convecção. Em seguida o processo de transmissão por radiação torna-se relevante para a redistribuição da temperatura em todos os elementos constitutivos da estrutura, bem como para os gases pertencentes ao seu entorno. A energia radiante será responsável pelo comprometimento estrutural de equipamentos e estruturas próximas ao ponto de origem do vazamento.

Em outras palavras, na Figura 8 observamos que a energia irradiada pelo incêndio por meio das ondas eletromagnéticas atinge as paredes da estrutura. Sendo distribuída em todos os componentes estruturais por meio da condução. Por meio do processo de condução e convecção os gases no interior da estrutura serão também aquecidos. As paredes da estrutura e os gases no exterior e interior da estrutura trocarão calor até que todos os agentes envolvidos entrem em equilíbrio.

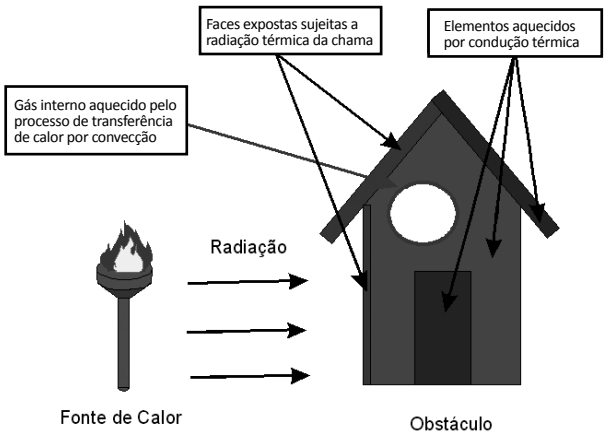


FIGURA 8 - Esquema de transferência de calor durante um incêndio

No caso, por exemplo, de ruptura da tubulação de gás, a chama será aproximada de um cilindro sólido. E a energia irradiada poderá ser obtida por meio dos modelos propostos por Carter e o modelo conhecido por *WHAZAN* proposto pela *Technica*. No modelo proposto por Carter a radiação é determinada por múltiplos pontos de radiação eqüidistantes ao longo do eixo da chama. O modelo considera que cada ponto está emitindo radiação independente um do outro e com o mesmo poder de radiação, conforme mostrado na Figura 9. O modelo *WHAZAN* é semelhante ao proposto por Carter, o mesmo considera cinco pontos de origem de radiação ao longo da chama.

O processo de combustão de um jato de gás é um fenômeno complexo. Essa complexidade é associada à fração de calor radiado, F. Tradicionalmente o calor radiado depende das propriedades do gás. Contudo, F é também função do número de Reynolds. A Tabela 2 relaciona alguns valores do calor radiado em função do diâmetro do orifício do vazamento.

Tabela 2 - Fração do calor radiado

GÁS	DIÂMETRO DO ORIFÍCIO DO VAZAMENTO (CM)	F (%)
Hidrogênio	8,4 20,3 40,6	0,16 0,15 0,17
Butano	8,4 20,3 40,6	0,29 0,28 0,30
Metano	8,4	0,15
Gás Natural	20,3 40,6	0,19 0,23

Fonte: Lees (2001)

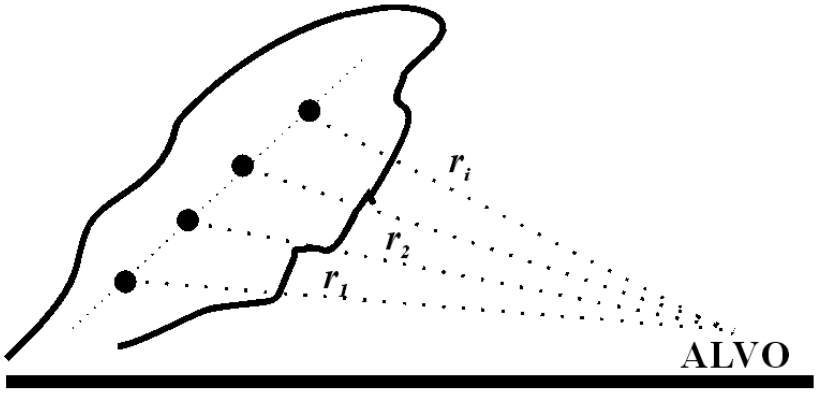


FIGURA 9 - Esquema de transferência de calor considerando-se a chama emitindo radiação por múltiplos pontos

4. Determinação das dimensões da chama

A altura da chama poderá ser prevista utilizando-se as equações propostas por Hustad e Sonju. A chama é considerada como um cilindro e as dimensões da mesma são correlacionados com o número de Froude, de acordo com as equações abaixo relacionadas:

Equação 4 $$\frac{\mathcal{H}}{d} = A \cdot F_r^m$$

Equação 5 $$\frac{\mathcal{D}}{d} = B \cdot F_r^m$$

Equação 6 $$F_r = \frac{u^2}{g.d}$$

onde:
$\mathcal{H}$ = é a altura da chama
d = é o diâmetro do orifício
$\mathcal{D}$ = é o diâmetro da chama
$\mathcal{A},\mathcal{B}$ = são as constantes de dependem do combustível (vide Tabela 10)
$\mathcal{F}_r$ = é o número de Froude
u = é a velocidade do gás no orifício [m/s]
g = é a aceleração da gravidade [m2/s]
m = é o índice o qual é função do número de Froude.

Os valores das constantes A e B, para chama na vertical, são fornecidos na Tabela 3. A Tabela 3 também apresenta o valor da relação H/D para o metano e propano.

Tabela 3 - Valores das variáveis A e B e da relação H/D

CONSTANTES			
Gás	A	B	H/D
Metano	21	2.5	8.4
Propano	27	4.0	6.75

Fonte: Lees (2001)

O valor do índice m é em função do número do Froude. Para $\mathcal{F}_r \leq 10^5$, tem-se $m=0,2$, porém para $\mathcal{F}_r > 10^5$, tem-se $m=0$.

4.1. MODELO PROPOSTO POR CARTER

Conforme mencionado o modelo proposto por Carter, a Figura 9 considera que cada ponto da chama está emitindo radiação independentemente um do outro. E o valor do fluxo de calor proveniente cada ponto que atinge o alvo é obtido por meio da equação 7. O poder de radiação de cada ponto da chama e a transmissividade atmosférica foram obtidos através das equações 8 e 9, respectivamente.

Equação 7 $$q_i = \frac{P.\tau}{4\pi r^2}$$

onde:
q_i = intensidade do calor radiado por cada ponto da chama ao alvo
P = é o poder de radiação de cada ponto da chama
ξ = é a transmissividade atmosférica
r = é a distância do ponto da chama até a superfície alvo

Equação 8 $$P = \frac{F.Q}{N}$$

onde:
P = é o poder de radiação de cada ponto da chama
F = é a fração de calor radiada, Tabela 2
Q = é o total de calor liberado pela chama
N = número de pontos da chama.

Equação 9 $$\tau = 1 - 0{,}0565 \cdot \ln r$$

onde:
ξ = é a transmissividade atmosférica
r = é a distância do ponto da chama até a superfície-alvo [m]

O calor total liberado pela chama foi estimado por meio da equação 10. O valor do fluxo de calor total em um alvo a certa distância da chama é dado pela equação 11.

Equação 10 $$Q = m \cdot Hc$$

onde:
Q = é o total de calor liberado pela chama
m = é a vazão mássica do gás
Hc = é o valor do calor de combustão do combustível

Equação 11 $$q = \Sigma q_i$$

onde:
q = intensidade do calor radiado pela chama [kW / m^2]
q_i = intensidade do calor radiado por cada ponto da chama ao alvo [kW / m^2]

4.2. MODELO PROPOSTO PELA TECHNICA (WHAZAN)

O WHAZAN proposto pela *Technica*, mencionado anteriormente, é semelhante ao do Carter, porém considera que a chama emite radiação por meio de apenas cinco pontos. Para chamas de comprimento pequeno e para alvos a grandes distâncias da chama, a quantidade de pontos de radiação considerados não influencia no resultado. Porém para um comprimento de chamas elevado e alvos próximos, o número de pontos de radiação considerados é relevante.

5. Incêndio de poça

Um incêndio de poça ocorre quando um vazamento de um líquido forma uma poça, a qual ignição. A energia térmica proveniente de um vazamento de hidrocarbonetos depende de vários parâmetros, os quais incluem: a) *composição do hidrocarboneto*; b) *tamanho, forma e duração do incêndio*; c) *distância entre o incêndio e o alvo* e d) *das características do alvo*. A caracterização de um incêndio de poça envolve a caracterização da geometria do incêndio, caracterização do incêndio e a estimativa da energia liberada pela chama. A caracterização da geometria do incêndio abrange a determinação da velocidade de propagação da chama no líquido e das dimensões físicas do incêndio (tais como altura, diâmetro e inclinação da chama). É assumido que a chama é um cilindro sólido e inclinado devido à ação do vento que se comporta como um corpo cinza. A intensidade de radiação emitida pelo incêndio depende do tipo de combustível, temperatura da chama, entre outros. A energia térmica de um incêndio de poça pode ser estimada por meio da equação 12.

Equação 12

$$q = q_{condução} + q_{convecção} + q_{radiação}$$

A transferência de calor por condução decresce linearmente com o aumento do diâmetro da poça, logo a sua contribuição em grandes incêndios de poça é insignificante. O segundo termo da equação 12 representa o calor transferido por convecção, tendo um valor mínimo para poça de 10 cm. As chamas de dimensões similares são instáveis, efeito que desaparece para incêndios de diâmetro maiores. Para a maioria dos combustíveis líquidos a taxa de transferência de calor por radiação e a velocidade da chama aumentam com o diâmetro da poça, ou melhor, para poças com diâmetro maior do que 1 metro a radiação é o modo de transferência de calor dominante.

A velocidade de propagação da chama, y'', equação13, será obtida dividindo-se o fluxo de calor irradiado pela chama para o líquido, expresso pela equação 12, pelo calor de vaporização do líquido. A *mass burning rate* (m'') (vide equação 17) é determinada multiplicando a velocidade de queima pela densidade do líquido.

Equação 13

$$y'' = y_\infty (1 - e^{-kD})$$

onde
y'' = é a velocidade de queima em m/s
y_∞ = é a velocidade de queima para um incêndio de poça com diâmetro infinito em m/s
k = é o coeficiente de absorção em m^{-1}
D = é o diâmetro da poça

No caso de um incêndio de poça resultante de um vazamento contínuo o líquido irá se espalhar no piso ou solo aumentando a velocidade de propagação da chama até que a taxa de queima seja igual a vazão volumétrica. Dentro desse contexto, o diâmetro máximo da poça e o tempo para que o estado de equilíbrio seja alcançado são fornecidos pelas equações 14 e 15. A equação 14 assume que a velocidade da chama é constante. Essa hipótese é válida para todos os hidrocarbonetos com a temperatura de ebulição acima da temperatura ambiente.

Equação 14

$$D_{eq} = 2\left(\frac{V_l}{\pi . y''}\right)^{1/2}$$

onde:
D_{eq} = é o diâmetro da poça no estado de equilíbrio em m
V_l = é a vazão volumétrica em m3/s
y'' = é a velocidade de queima em m/s

Equação 15

$$t_{eq} = 0{,}564\frac{D_{eq}}{(g.y''.D_{eq})^{1/3}}$$

onde
t_{eq} = é tempo para que o estado de equilíbrio seja alcançado em s
D_{eq} = é o diâmetro da poça no estado de equilíbrio em m
g = é a aceleração da gravidade m/s²
y'' = é a velocidade de queima do líquido em m/s

A altura da chama levando-se em consideração a velocidade do vento é obtida por meio da equação 16, proposta por Thomas. A velocidade adimensional do vento é fornecida pela equação 17. A inclinação da chama com a vertical é estimada pela equação 18.

Equação 16

$$\frac{\mathcal{H}}{\mathcal{D}} = 55\left(\frac{m''}{\sqrt{\rho_\alpha . gD}}\right)^{0,67} . u^{*-0,21}$$

onde:
H = é a altura visível da chama em m
m''= é mass burning rate em kg/m²s
ρ_α= é a densidade do ar ambiente em kg/m³
g = é a aceleração da gravidade m/s²
D = é o diâmetro da poça em m
u^* = é a velocidade adimensional do ventos fornecida pela equação 61

Equação 17

$$u^* = \frac{u_w}{\left(\frac{g.m''.D}{\rho_v}\right)^{1/3}}$$

onde:
u^* = é a velocidade adimensional do ventos
u_w= é a velocidade do vento em m/s.
g = é a aceleração da gravidade em m/s²
m''= é a mass burning rate em kg/m²s
D = é o diâmetro da poça em m
ρ_v = é a densidade de vapor do líquido em kg/m³

Equação 18

$$cos\Theta = 0{,}7\left[\frac{u_w}{\left(\frac{g.m''.D}{\rho_a}\right)^{1/3}}\right]^{-0,49}$$

O diâmetro da poça sofrerá uma forte influência da velocidade do vento. Logo, o diâmetro da chama na base será alongado, enquanto na sua parte superior permanecerá inalterada (Figura 10). Esse aumento do diâmetro da base da chama (D') poderá ser estimado por meio da equação 19.

Equação 19

$$\frac{D'}{D} = 1{,}25 \left(\frac{u_w^2}{g.D}\right)^{0{,}069} \left(\frac{\rho_v}{\rho_a}\right)^{0{,}48}$$

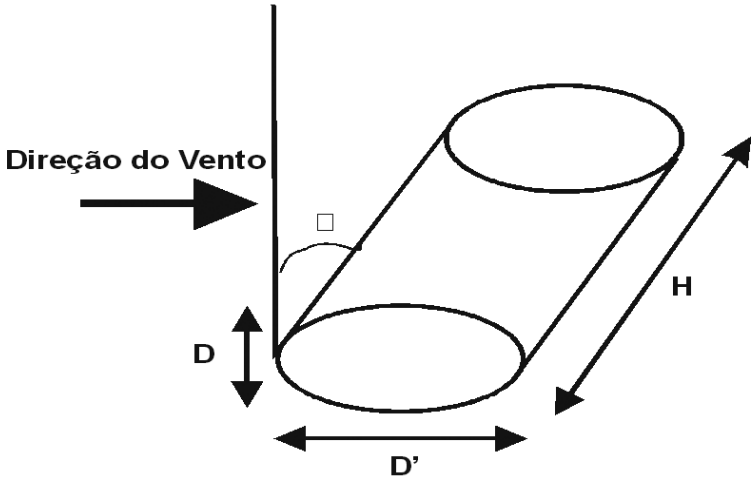


FIGURA 10 - Parâmetros geométricos de um incêndio de poça

A equação geral para a energia liberada por um incêndio de poça poderá ser calculada por meio da equação 20, a qual assume que a energia é proporcional à eficiência do processo de queima (isto é, combustão). A energia da chama no alvo é estimada pela equação 21, que considera a chama como uma fonte térmica. Uma das limitações da equação 21 é que a energia térmica em alvos muito próximo da chama é superestimada. Por outro lado, a radiação térmica para alvos a partir de certa distância da chama é estimada com uma precisão, pois os efeitos da geometria da chama são insignificantes.

Equação 20

$$Q = \frac{m'' \cdot \Delta H_c \cdot \eta \cdot \pi \cdot D^2}{4}$$

onde:
Q = é o calor liberado pela chama em kW
m'' = é mass burning rate em g/m²s
ΔH_c = é o calor de combustão em kJ/g
η = é a fração do processo de combustão irradiada
D = é o diâmetro da poça em m

Equação 21

$$q''_5 = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot x^2}$$

onde:
q''_5 = é a energia incidente no alvo em kW/m²
Q = é o calor liberado pela chama em kW
x = é a distância do alvo a chama em m

6. Explosão da nuvem

Segundo Lea (2002), explosão é a geração e expansão repentina de gases associadas com o aumento da temperatura e pressão capaz de causar danos estruturais. Para Lees (2001) explosão é a liberação repentina e violenta de energia. Bjerketvedt *et alli*. (1997) define explosão como sendo um evento que lida com um rápido aumento de pressão. E esse aumento de pressão pode ser causado por: reações nucleares, explosivos, nuvem de vapor ou gás no ar, entre outros. A explosão de uma nuvem de vapor é uma explosão resultante da ignição da nuvem, na qual as velocidades da chama aceleram até altas velocidades, sendo capaz de produzir uma sobrepressão significante (CCPS, 1994).

As principais características necessárias para ocorrer a explosão da nuvem de vapor são:

1. O material liberado ser flamável e em condições adequadas de temperatura e pressão.

2. A nuvem formada deve ter um tamanho mínimo antes de sofrer ignição. Se a ignição ocorre instantaneamente, um *jet fire*, um *large fire*, ou um *fireball* poderá ocorrer. Nesse caso, o aparecimento de ondas de pressão significante é improvável. Por outro lado, é esperado ondas de choque significantes se a ignição da nuvem ocorrer num intervalo de um a cinco minutos após o vazamento.

3. A região intermediária da nuvem deve estar na região flamável. A quantidade de material flamável depende:

a) Do tipo e a quantidade de material liberado.
b) Do valor da pressão no momento da liberação.
c) Do grau de confinamento da nuvem.
d) Da velocidade do vento, umidade do ar, e outros fatores ambientais.

4. Na maioria das vezes, a ignição de uma nuvem de vapor resulta em uma deflagração, ou seja, uma deflagração é caracterizada pela propagação das ondas de choque em velocidades subsônicas relativa ao gás não queimado à frente da chama, isto é, a velocidade de queima é menor do que a velocidade do som, no gás não queimado.

Os impactos de uma explosão dependem de vários fatores, tais como: a pressão máxima, a duração da interação da onda de choque com estruturas, entre outros. Esses fatores dependem por sua vez de outras variáveis: 1) reatividade do combustível 2) confinamento e ventilação (localização e tamanho) 3) fonte de ignição: tipo e localização 4) tamanho, localização e forma dos obstáculos 5) porção dos bloqueios.

Segundo a Factor Mutual Research Company (*apud* CCPS, 1994), os combustíveis são classificados em baixa, moderada e alta reatividade. O nível de reatividade influencia no valor da sobrepressão para uma dada geometria. São exemplos de baixa, moderada e alta reatividade o metano, etileno e acetileno, respectivamente.

Um aumento no grau de congestionamento influência na velocidade da chama e sobrepressão. Se a região de dispersão da nuvem contiver obstáculos, o nível de turbulência poderá aumentar, resultando em um acréscimo da taxa de queima e pressão.

O tipo da fonte de ignição também influência na energia liberada pela explosão de uma nuvem de vapor. Quanto mais forte for a fonte de ignição, mais elevada será a sobrepressão. A localização da fonte de ignição é igualmente importante, mas deve ser vista conjuntamente com o grau de confinamento e/ou congestionamento. Quanto mais tortuosa for a rota das ondas de choque maior será o incremento da pressão devido ao aumento da turbulência (Lea, 2002).

A energia liberada por uma explosão de nuvem poderá ser estimada por meio do método multienergia. Os procedimentos empregados para uso dos conceitos propostos por Van den Berg (isto é, método multienergia) são abaixo relacionados.

1. explosão da nuvem de gás resultará em uma deflagração.
2. A ignição da nuvem ocorrerá após quatro minutos.

3. A porção do gás envolvido na explosão é uma fração do total liberado. A fração do gás envolvido poderá ser obtida através da equação 22.

Equação 22

$$F = 1 - \exp\left(\frac{-C_p \Delta T}{L}\right)$$

onde:
F = flash fraction
C_p = calor específico (KJ/Kg/K)
ΔT= diferença de temperatura entre a temperatura ambiente é a de ebulição do gás (°K)
L = calor latente (kJ/kg)

4. O peso do combustível envolvido na nuvem de gás é o produto entre a fração *flash* e a vazão mássica no instante considerado;

5. Definição do cenário a ser analisado, incluindo a força das cargas (isto é, *strenght numbers*) consideradas.

6. A distância adimensional, isto é, *Sachs scale distance*, é fornecida pela equação 23.

Equação 23

$$\overline{R} = \frac{R}{\left(\frac{E}{P_0}\right)^{1/3}}$$

onde:
$\overline{R}$ = Sachs scale distance
R = é a distância real a partir da carga (m)
E = é a energia de combustão da carga (J)
P_0 = é a pressão ambiente (Pa)

7. O pico de pressão adimensional, isto é, *Sachs sale blast overpressure*, é obtida a partir da Figura 11.

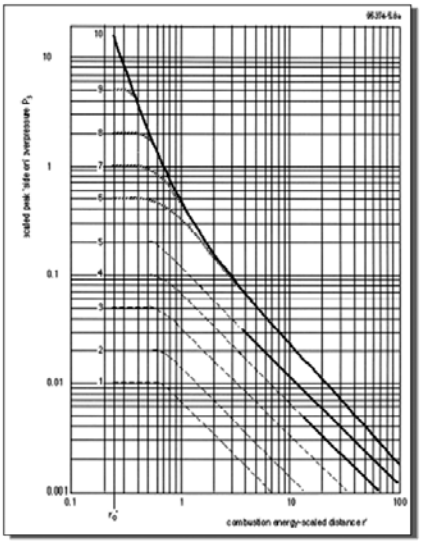


FIGURA 11 - Sobre pressão adimensional

8. O pico de sobre pressão é fornecido pela equação 24.

Equação 24

$$\Delta P_s = \Delta \overline{P}_s P_0$$

onde:
ΔP_s= sobre pressão (Pa)
$\Delta \overline{P}_s$ = Sachs sale blast overpressure
P_0 = pressão ambiente (Pa)

7. Vulnerabilidade do receptor: pessoas

Os modelos de incêndio e explosão detalhados no item anterior quantificam a energia térmica liberada e incidente no alvo de incêndios de poça e jato, bem como a sobrepressão resultante de uma explosão de nuvem de gás. Os modelos de vulnerabilidade do receptor (Figura 2), estimam o efeito do fenômeno físico nos receptores, ou seja, pessoas, estruturas e meio ambiente.

As pesquisas e experimentos com humanos e animais relacionam a energia irradiada com os limites da dor. A pele humana consiste de duas camadas epiderme e derme. A área da pele no ser humano é de aproximadamente 1,80m^2. O impacto da energia térmica na pele poderá se apresentar em vários níveis: queimaduras do primeiro, segundo e terceiro graus. Queimaduras do primeiro grau estão restritas a epiderme e caracteriza-se por um vermelhidão. Nas queimaduras do segundo grau há o comprometimento de toda a epiderme e parte da derme dando origem a bolhas. E, em queimadura do terceiro grau, toda a epiderme, derme e outros tecidos mais profundos são atingidos, e se caracteriza pela carbonização dos tecidos (isto é, cor preta).

A pele suporta uma temperatura de aproximadamente 44^{o}C sem dor. Acima de 44^{o}C o impacto térmico cresce rapidamente com a temperatura, ou seja, o impacto a 50^{o}C é 100 vezes maior do que entre 44^{o}C-45^{o}C. No evento de um incêndio, em geral, o tempo de resposta das pessoas é cerca de cinco segundos. A Tabela 4 mostra o valor da radiação térmica aceitável para seres humanos.

Tabela 4 - Valor-limite da radiação térmica para danos aceitáveis em seres humanos

ENTIDADE	VALOR CRÍTICO INTENSIDADE	TEMPO EXPOSIÇÃO	EFEITO ESPERADO
Pessoas	1.5 kW/m^2	60s	Probabilidade de 1% de queimaduras de 1^o grau

Fonte: Sklavounos e Rigas (2005).

8. Vulnerabilidade do receptor: estruturas metálicas

O dimensionamento de estruturas, em geral, situadas em plantas de processamento deve levar em consideração o impacto térmico causado pelo fluxo de energia irradiada, assim como as pressões associadas às ondas de choque, no caso de incêndios e explosão, respectivamente. No caso da radiação térmica, a temperatura dos elementos estruturais poderá aumentar e, conseqüentemente, dependendo da temperatura atingida pela peça, suas características e propriedades mecânicas poderão ser alteradas. Soma-se a isso esforços adicionais devido às deformações térmicas se os deslocamentos e rotações estiveram restringidos. A Figura 12 apresenta as etapas para análise de vulnerabilidade da estrutura.

A seguir, apresenta-se um método simplificado para determinação da temperatura dos elementos estruturais em aço sem proteção ao fogo e verificação de sua capacidade resistente baseado na NBR 14323:1999.

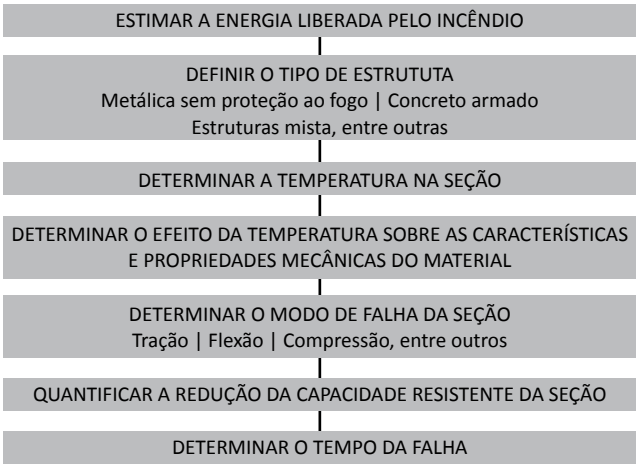


FIGURA 12 - Vulnerabilidade das estruturas

8.1. DETERMINAÇÃO DA TEMPERATURA DO ELEMENTO ESTRUTURAL

A equação 25 é encontrada em diversos trabalhos, como por exemplo, Gardner & Ng (2006), Buchanan (2001), Sakumoto & Saito (1995). O Eurocode 3 – Parte 1-2 prescreve a mesma equação, no entanto insere um fator redutor para as temperaturas obtidas devido ao *efeito sombra* para seções côncavas.

A NBR 14323:1999 prescreve a equação 25 adotando a emissividade resultante (ε_{res})para a taxa de transferência de calor radiado e permite a sua solução interações desde que não se utilizem incrementos superiores a cinco segundos, maiores do que 25.000 $(u / A)^{-1}$.

O termo de transferência de calor do emissor na peça estrutural ($\dot{q}_{con}'' + \dot{q}_{rad\ -alvo}''$) pode ser estimado por meio dos modelos matemáticos descritos nas seções anteriores. Já o termo radiado pelo material ($\dot{q}_{rad}''$) pode ser obtido por meio da equação 26, conhecida como equação de Stefan-Boltzmann (Drysdale, 2002).

Equação 24

$$\dot{q}_{rad}'' = \varepsilon_m \times \sigma \times \theta_m^4$$

onde:

$\dot{q}_{rad}''$= é a taxa de transferência de calor radiado pelo material em W/m².

ε_m= é a emissividade do material da seção (Eurocode 3 – Parte 1-2). Para o aço carbono adota-se 0,7.

σ = é a constante de Stefan-Boltzmann cujo valor é $5{,}67 \times 10^{-8}$ W/(m K⁴)

θ_m= é a temperatura da seção do elemento Kelvin (°K)

8.2. EFEITO NAS CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES MECÂNICAS DO AÇO

O comportamento das características do aço carbono (isto é, densidade e calor específico), assim como suas propriedades mecânicas (isto é, resistência à tração/compressão e módulo de elasticidade) em função da temperatura são encontradas em diversos livros e normas nacionais e internacionais; como exemplo cita-se Buchanan (2001), Quintinieri (1997), NBR15200, NBR 14323, Eurocode 3 – Parte 1-2 e Eurocode 1 – Parte 1-2. No caso das propriedades mecânicas do aço, diversos trabalhos apresentam valores para as suas reduções em função da temperatura, em diversas situações testadas ou simuladas (vide Yang et al, 2006; Wang et alli, 2006; Kelly & Sha, 1999; Gardner & Baddoo, 2006; e Mäkeläinen, 1998).

Harmathy (1993) apresenta e ressalta divergências nos fatores de redução das propriedades mecânicas do aço. Tais divergências são principalmente observadas na determinação dos coeficientes de redução do limite de escoamento do aço. O limite de escoamento, que é melhor definido à temperatura ambiente, torna-se imperceptível a elevadas temperaturas. Buchanan (2001) afirma que tais diferenças devem-se mais a mudanças no método de ensaio do que a divergências reais entre os materiais.

A Tabela 5 apresenta os valores de redução para a tensão de escoamento e módulo de elasticidade para os aços propostos pela NBR 14323:1999.

Tabela 5 - Fatores de redução para o aço

TEMPERATURA DO AÇO (°C)	REDUÇÃO DO LIMITE DE ESCOAMENTO PARA AÇOS LAMINADOS A QUENTE	REDUÇÃO DO LIMITE DE ESCOAMENTO PARA AÇOS TREFILADOS	REDUÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PARA AÇOS TREFILADOS
	$k_{y,\theta}$	$k_{y,\theta}$	$k_{E,\theta}$
20	1,00	1,00	1,0000
100	1,00	1,00	1,0000
200	1,00	1,00	0,9000
300	1,00	1,00	0,8000
400	1,00	0,94	0,7000
500	0,78	0,67	0,6000

TEMPERATURA DO AÇO (°C)	REDUÇÃO DO LIMITE DE ESCOAMENTO PARA AÇOS LAMINADOS A QUENTE	REDUÇÃO DO LIMITE DE ESCOAMENTO PARA AÇOS TREFILADOS	REDUÇÃO DO MÓDULO DE ELASTICIDADE PARA AÇOS TREFILADOS
	$k_{y,\theta}$	$k_{y,\theta}$	$k_{E,\theta}$
700	0,23	0,12	0,1300
800	0,11	0,11	0,0900
900	0,06	0,08	0,0675
1.000	0,04	0,05	0,0450
1.100	0,02	0,03	0,0225
1.200	0,00	0,00	0,0000

Nota: Para valores de temperatura intermediários, pode-se fazer a interpolação linear. Fonte: NBR 14323:1999

A massa específica do aço (ρ_a) recomendada é 7850 kg/m³, sendo considerada independentemente da temperatura. A equação 27 (NBR 14323:1999) expressa o valor do calor específico (J/kg°C) em função da temperatura do aço (θ). No entanto, a NBR 14323:1999 permite a simplificação de adotar o calor específico constante em função da temperatura e com valor de 600J/kg°C.

Equação 27

$$c(\theta) = 425 + 7{,}73 \cdot 10^{-1} \cdot \theta - 1{,}69 \cdot 10^{-3} \cdot \theta^2 + 2{,}22 \cdot 10^{-6} \cdot \theta^3$$

se $20^oC \leq \theta < 600^oC$

$$c(\theta) = 666 + \frac{13.002}{738 - \theta}$$

se $600^oC \leq \theta < 735^oC$

$$c(\theta) = 545 + \frac{17.820}{\theta - 731}$$

se $735^oC \leq \theta < 900^oC$

$$c(\theta) = 650$$

se $900^oC \leq \theta < 1.200^oC$

O comportamento de outros parâmetros, tais como, alongamento e condutividade térmica em função da temperatura, são mostrados na NBR 14323:1999. O Eurocode 3 – Parte1-2 apresenta o comportamento dessas características em função da temperatura para aços carbono e inoxidáveis.

8.3. VERIFICAÇÃO DA CAPACIDADE RESISTENTE

Nos próximos parágrafos será abordado um método simplificado para verificar a capacidade resistente de um elemento estrutural em aço e, conseqüentemente, determinar seu tempo de falha. Para os estados limites últimos em situação de incêndio, as resistências de cálculo devem ser determinadas utilizando-se coeficientes de resistência Ø unitários (ou seja, igual a 1). Cabe mencionar que esse modelo simplificado restringe-se a avaliar o desempenho de seções de elementos estruturais em aço. Em uma estrutura real, submetida às deformações térmicas devido ao aquecimento, as restrições das ligações podem induzir a redistribuição de esforços, alterando a capacidade de resistência ao fogo. Essas situações ainda podem gerar esforços de segunda ordem (isto é, esforços adicionais) nos elementos da estrutura. A seguir apresenta-se a formulação, conforme a NBR 14323:1999, para a determinação da capacidade resistente de seções submetidas aos principais esforços simples, ou seja, tração, compressão e flexão.

a) Tração

Equação 28

$$T = k_{y,\theta} \cdot A_g \cdot f_y$$

onde:
T = é esforço resistente de tração
$k_{y,\theta}$ = é o fator de redução do limite de escoamento do aço a temperatura θ
A_g = é a área bruta da seção transversal do elemento
f_y = é o limite de escoamento à 20°C do aço

b) Compressão

Equação 29

$$C = \rho_{fi} \frac{k_{y,\theta} \cdot A_g \cdot f_y}{k_a}$$

onde:
C = é o esforço resistente de compressão
ρ_{fi} = é o fator de redução da resistência à compressão em situação de incêndio
$k_{y,\theta}$ = é o fator de redução do limite de escoamento do aço a temperatura θ
A_g = é a área bruta da seção transversal do elemento
f_y = é o limite de escoamento à 20°C do aço
k_a = é um fator de correção empírico da resistência da barra em temperatura elevada

O valor de ρ_{fi} é obtido conforme a NBR 8800, mas utilizando-se sempre a curva c, independentemente do tipo de seção transversal. O parâmetro de esbeltez é função da temperatura, sendo definido conforme a equação 30.

Equação 30

$$\overline{\lambda}_\theta = \overline{\lambda} \sqrt{\frac{k_{y,\theta}}{k_{E,\theta}}}$$

onde:
$\overline{\lambda}_\theta$ = é o parâmetro de esbeltez para barras comprimidas, determinado conforme a NBR8800
$\overline{\lambda}$ = é o parâmetro de esbeltez para barras comprimidas a temperatura θ
$k_{y,\theta}$ = é o fator de redução do limite de escoamento do aço a temperatura θ
$k_{E,\theta}$ = é o fator de redução do modulo de elasticidade do aço a temperatura θ

O fator de correção k_a é definido conforme a equação 31. O comprimento de flambagem em situação de incêndio é determinado conforme o projeto a temperatura ambiente.

Equação 31

$$k_a = 1 + \overline{\lambda}_\theta$$

$$\text{se } 0{,}0 \leq \overline{\lambda}_\theta \leq 0{,}2$$

$$k_a = 1{,}2$$

$$\text{se } \overline{\lambda}_\theta > 0{,}2$$

c) Flexão

Nos elementos submetidos a flexão simples atuam dois esforços: o momento fletor e o esforço cortante sendo necessária a verificação de ambos em situação de incêndio.

• *Momento Fletor*

Nessa verificação admite-se a hipótese de que os elementos da seção transversal não sofrem flambagem local em regime elástico devido à ação do momento fletor (NBR 14323:1999).

O parâmetro de esbeltez λ para os estados limites últimos de flambagem local da mesa comprimida (FLM), flambagem local da alma (FLA) e flambagem lateral com torção (FLT), em situação de incêndio deve ser determinado conforme o anexo D da NBR 8800.

Os parâmetros de esbeltez correspondentes à plastificação da alma ($\lambda_{p,fi}$) e ao início de escoamento ($\lambda_{r,fi}$) durante o incêndio devem ser determinados conforme o procedimento constante no anexo D da NBR 8800 e atendendo o seguinte:

• Em vigas biapoiadas e sobrepostas por laje de concreto o procedimento é o mesmo para obtenção de λ_p e λ_r a temperatura ambiente.

• Nas demais condições, os valores de limite de escoamento f_y e tensão residual f_r devem ser multiplicados pelo fator redutor $k_{y,\theta}$ e o módulo de elasticidade E multiplicado por $k_{E,\theta}$

O esforço resistente ao momento fletor pode ser expresso pelo menor valor entre as duas verificações abaixo, exceto para seções transversais tipo T.

• FLM e FLA

Equação 32

$$M = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot M_{pt}$$

$$\text{se } \lambda \leq \lambda_{p,fi}$$

$$M = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot \left[M_{pt} - (M_{pt} - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_{p,fi}}{\lambda_{r,fi} - \lambda_{p,fi}} \right]$$

$$\text{se } \lambda_{p,fi} < \lambda \leq \lambda_{r,fi}$$

• FLT

Equação 33

$$M = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot M_{pl}$$

$$\text{se } \lambda \leq \lambda_{p,fl}$$

$$M = \frac{k_{y,\theta}}{1,2} \cdot \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_{p,fi}}{\lambda_{r,fi} - \lambda_{p,fi}} \right]$$

$$\text{se } \lambda_{p,fi} < \lambda \leq \lambda_{r,fi}$$

$$M = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot \left[M_{pl} - (M_{pl} - M_r) \cdot \frac{\lambda - \lambda_{p,fi}}{\lambda_{r,fi} - \lambda_{p,fi}} \right]$$

$$\text{se } \lambda > \lambda_{r,fi}$$

onde:
$k_{y,\theta}$ = é o fator de redução do limite de escoamento do aço a temperatura θ
$k_{E,\theta}$ = é o fator de redução do modulo de elasticidade do aço a temperatura θ
M_{cr} = é o momento fletor de flambagem elástica em temperatura ambiente (vide anexo D – NBR8800)
M_{pl} = é o momento de plastificação da seção transversal para projeto em temperatura ambiente
M_{r} = é o momento fletor correspondente ao início do escoamento da seção transversal para o projeto em temperatura ambiente (vide anexo D – NBR8800)
k_1 = é fator de correção para temperatura não-uniforme na seção
k_2 = é fator de correção para temperatura não-uniforme ao longo da barra

O fator de correção k_1 para distribuição de temperatura não uniforme na seção transversal possui os seguintes valores:

- 1,0 para vigas com os quatro lados expostos ao fogo.
- 1,4 para vigas com três lados expostos ao fogo, com uma laje de concreto ou laje com forma de aço incorporado.

O fator de correção k_2 para distribuição de temperatura não-uniforme ao longo da barra possui os seguintes valores:

- 1,15 nos apoios de vigas estaticamente indeterminadas.
- 1,00 nos outros casos.
- Esforço Cortante.

O esforço resistente ao cortante, em situação de incêndio, pode ser determinado pela equação 34 para almas de perfis I, H, U e caixão, fletidos em relação ao eixo perpendicular à alma.

Equação 34

$$V = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot V_{pt}$$

$$\text{se } \lambda \leq \lambda_{p,fi}$$

$$V = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot \frac{\lambda - \lambda_{p,fi}}{\lambda_{r,fi} - \lambda_{p,fi}} \cdot V_{pl}$$

$$\text{se } \lambda_{p,fi} < \lambda \leq \lambda_{r,fi}$$

$$V = k_1 \cdot k_2 \cdot k_{y,\theta} \cdot 1{,}28 \cdot \left(\frac{\lambda_{p,fi}}{\lambda} \right)^2 \cdot V_{pl}$$

$$\text{se } \lambda_{p,fi} > \lambda_{r,fi}$$

onde:
= é o parâmetro de esbeltez da alma determinado conforme o item 5.5 da NBR8800
= é o parâmetro de esbeltez correspondente a plastificação da alma
= é o parâmetro de esbeltez correspondente ao início do escoamento
= é a força cortante correspondente à plastificação da alma por cisalhamento e determinado, também, conforme o item 5.5 da NBR 8800
= é o fator de redução do limite de escoamento do aço a temperatura θ
= é o fator de redução do modulo de elasticidade do aço a temperatura θ
= é fator de correção para temperatura não-uniforme na seção
= é fator de correção para temperatura não-uniforme ao longo da barra

Maiores detalhes sobre dimensionamento de estruturas metálicas em situação de incêndio podem ser encontrados na própria NBR 14323:1999 e em referências nacionais Silva (2001) e Ferreira (2006).

8.4. DETERMINAÇÃO DO TEMPO DE FALHA DO ELEMENTO ESTRUTURAL

Em resumo, a análise da capacidade resistente de um elemento estrutural submetido a um esforço pode ser expressa pela equação 35.

Equação 35

$$S_{incêndio} \leq R_{incêndio}$$

onde:

$S_{incêndio}$ = é o esforço atuante na seção resultante do carregamento aplicado ao elemento durante o incêndio

$R_{incêndio}$ = é a capacidade resistente da seção na situação de incêndio

O tempo de falha (isto é, instante do incêndio em que ocorrerá a falha da seção) é o tempo decorrido desde o início da exposição ao fogo até o esforço solicitado S igualar-se a resistência ($S_{incêndio} = R_{incêndio}$). A Figura 13 ilustra, de forma gráfica, um exemplo da redução de resistência de uma seção de um elemento estrutural em função do tempo de exposição a um incêndio e o tempo de falha desse elemento.

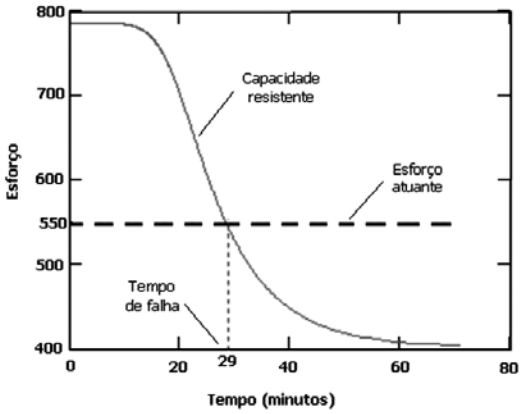


FIGURA 13 - Redução da resistência de uma seção de um elemento estrutural quando ($S_{incêndio} = R_{incêndio}$)

No caso de explosões, a estrutura poderá ser submetida a uma onda de choque capaz de provocar danos estruturais à edificação. Esses danos podem ser desde pequenas rachaduras ou quebra de vidros até o colapso total da estrutura. As normas brasileiras não abordam de forma específica o dimensionamento de estruturas submetidas a ondas de choque. No entanto, a área administrativa, salas de comando e outras edificações de uma planta de processamento devem ser dimensionadas para suportar possíveis explosões. A tabela 6 apresenta um resumo dos níveis de danos a estruturas em função da sobre pressão gerada por explosões.

Tabela 6 - Níveis de danos em estruturas submetidas a explosões

ZONA	NÍVEL DE DANO	DESCRIÇÃO	SOBRE PRESSÃO	
			kPa	psi
A	Destruição total	Recuperação é economicamente inviável	> 83	12,0
B	Sério	Colapso parcial ou falha de alguns elementos estruturais	> 35	5,1
C	Moderado	Ainda pode ser utilizada, mas são necessários reparos estruturais	> 17	2,5
D	Leve	Quebra de vidros, pequenas rachaduras nas paredes, danos a telhados ou a painéis de revestimento	> 3,5	0,5

Fonte: Guidelines for evaluating the characteristics of vapor cloud explosions, flash fires and BLEVEs (1998)

9. Estudo de caso

Por meio da análise dos riscos de incêndio e explosão nas operações de transferência e estocagem de material flamável de uma refinaria serão exemplificados os modelos de incêndio detalhados, no contexto do modelo para gerenciamento dos riscos sugerido (Figura 14).

9.1.PRIMEIRO PASSO: ESTRUTURAÇÃO PARA ANÁLISE

As operações de transferências e estocagem dentro de uma refinaria são realizadas diariamente e consistem no bombeamento de produtos entre tanques por meio de malhas de dutos. Tais operações, embora possam dar a falsa idéia de que são simples, requerem treinamento e especialização do operador, que necessita ter conhecimentos de procedimentos operacionais, segurança industrial, tubulações e acessórios, instrumentos de temperatura, pressão e vazão, tipos de bombas, válvulas, tanques entre outros para realizar suas atividades de forma segura. As operações de transferências e estocagem são realizadas por meio de bombeamento de fluido entre o ponto de origem e o destino definido por intermédio da abertura e do fechamento de válvulas ao longo da malha de dutos para que o fluido escoe somente pelos dutos desejados.

Um parque de estocagem segue as instruções e norma estabelecida pelo Conselho Nacional de Petróleo (CNP) para armazenamento de petróleo e seus derivados líquidos sob denominação CNP - ABNT - IBP (P. NB-216), que estabelece volumes definidos para tanques, distância mínima entre os mesmos e bacia de contenção (isto é, diques). As figuras 14 e 15 mostram o layout de um parque de tancagem e dutovias *(pipe rack)* respectivamente.

FIGURA 14 - Parque de Tancagem da REPLAN

FIGURA 15 - Esferas e dutovias área de tancagem da REPLAN

Os subsistemas da área de estocagem e tancagem são tanques, válvulas e bombas.

Tanques

São equipamentos destinados ao armazenamento de combustível líquido. Normalmente os tanques são construídos no próprio canteiro de obras por profissionais qualificados para a realização dos processos de soldagem, radiografia, montagem, entre outros, sendo submetidos a rigorosos ensaios não-destrutivos, tais como ultrasom, partículas magnéticas e gamografia, tendo por intenção assegurar a máxima segurança operacional quando for colocado em uso.

Os tanques de armazenagem de diesel, nafta e resíduo atmosférico possuem teto flutuante, ou seja, são tanques que operam a pressão atmosférica cujos tetos estão diretamente apoiados na superfície do líquido que reduzem sensivelmente as emissões atmosféricas em relação aos tanques de teto fixo. As principais características dos tanques são: a capacidade (isto é, volume máximo); o volume (quantidade momentaneamente armazenada); os elementos de bloqueio (válvulas) e os elementos de transferência (tubulações e bombas).

Válvulas

São dispositivos usados para estabelecer, controlar e interromper a passagem de fluidos em tubulações. Muitos são os tipos de acordo com suas funções e características específicas. As mais freqüentes e comuns são:

1) Válvula de bloqueio cuja função principal é estabelecer ou interromper o fluxo, só deve funcionar completamente aberto ou fechado.

2) Válvula de controle de fluxo é aquela que se destina ao controle do fluxo e pode trabalhar em qualquer posição.

3) Válvula de segurança e alívio que controla a pressão a montante, permitindo o alívio da pressão.

4) Válvula redutora que controla e regula a pressão a jusante.

Bombas

A bomba é o equipamento utilizado para imprimir energia a um fluido e deslocá-lo. Como conseqüência é observado um aumento de pressão na tubulação em razão de seu funcionamento. É constituída essencialmente de uma carcaça estacionária e de um conjunto impulsor que pode ter um movimento alternativo ou rotativo dependendo do tipo de bomba. Entre a parte estacionária e a móvel é necessário dotar a bomba de um sistema de vedação, de modo que não haja vazamento excessivo do líquido bombeado e entrada de ar, sem, contudo impedir o movimento do conjunto impulsor. São vários os tipos de bombas sendo as mais importantes as centrífugas. Independentemente do tipo de bomba centrífuga é comum entre elas o fato de que a energia conferida ao líquido tem a finalidade de fornecer-lhe velocidade.

Tubulação

São condutos destinados ao transporte de fluido, líquidos ou gasosos, constituídos de tubos de tamanho padronizados, colocados em série, ou melhor, os tubos são elementos de interligação, necessários e suficientes para transportar o óleo bruto ou o produto final de um ponto a outro tendo como acessórios válvulas e flanges. A escolha do material para a fabricação de dutos depende da aplicação a que se destina, bem como da temperatura e pressão de trabalho, do fluido conduzido (isto é, aspectos de corrosão e contaminação), do custo, da necessidade de maior ou menor grau de segurança e das sobrecargas externas.

Cenários

Alguns perigos em potencial são encontrados em uma refinaria, os quais envolvem vazamentos, explosões, incêndios e danos ambientais. O impacto ambiental é resultante de produtos tóxicos lançados pelas chaminés dos fornos e outros equipamentos das unidades de refino.

As principais causas dos incêndios e explosões são vazamentos por meio de flanges, válvulas, selos de bombas, pontos de amostragem, drenos, conexões e tomadas de instrumentos, envolvendo líquidos e gases flamáveis. O cenário selecionado foi um incêndio de poça devido ruptura do flange do tanque de nafta, Figura 16.

9.2.SEGUNDO PASSO: CARACTERIZAÇÃO DO RISCO

SISTEMA DE TANCAGEM	CENÁRIO 01
LOCAL	Ruptura do flange do tanque de nafta
PERIGO	Liberação de nafta líquido
CAUSAS	Rompimento da tubulação por: - Falha mecânica (flange) - Falha de projeto (especificação de material) - Falha de montagem (troca de material)
CONSEQÜÊNCIAS	Incêndio de poça
CARACTERIZAÇÃO DO VAZAMENTO	
Material de referência: HEXANO **Volume do tanque:** 20.300 m³ **Volume de operação:** 90% do volume total **Temperatura:** 27,2 °C **Diâmetro do tanque:** 41,5 m **Diâmetro da válvula:** 50,3 cm (20 in) **Diâmetro do vazamento:** 50,3 cm (20 in)	

Radiação térmica liberada pelo incêndio de poça

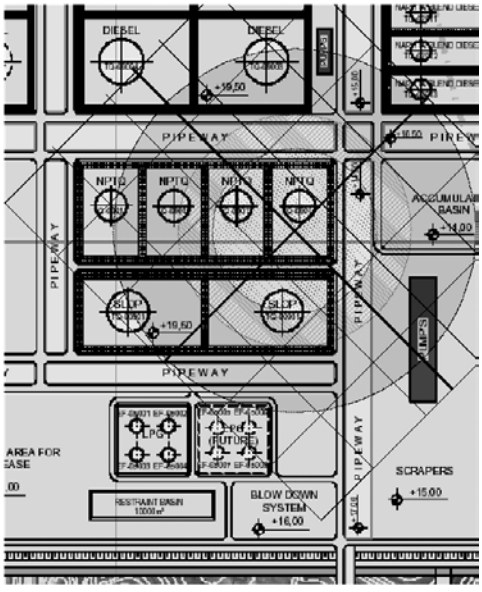


FIGURA 16 - Energia liberada por um incêndio de poça na área de tancagem e estocagem

REGIÃO	VALOR	LIMITE DA REGIÃO NA DIREÇÃO DO VENTO	VULNERABILIDADE DAS PESSOAS
	≥ 10,0 kW/m²	110 metros	Provável mortalidade em 60 segundos de exposição
	≥ 5,0 kW/m²	156 metros	Queimaduras de 2º grau em 60 segundos de exposição
	≥ 2,0 kW/m²	243metros	Dores em 60 segundos de exposição

9.2.1. VULNERABILIDADE DO RECEPTOR: ESTRUTURAS METÁLICAS

Nos próximos parágrafos será avaliado o impacto resultante do incêndio de poça, Figura 16, em uma estrutura metálica sem proteção ao fogo, semelhante a existente no pipeway, Figura 15, da área de estudo. Apresentamos dois elementos sendo um tracionado e outro comprimido.

CASO 1 - Membro tracionado:
- Seção metálica sem proteção – Aço MR250.
- ½ seção I (152x18.6).
- Comprimento do elemento: 4,5 m.
- Esforço de tração atuante: 224 kN.

CASO 2 – Membro comprimido:
- Seção metálica sem proteção – Aço MR250.
- 2 seções C (305x30.8).
- Comprimento do elemento: 4,0 m.
- Esforço de tração atuante: 200 kN.

A Tabela 7 apresenta a temperatura e o tempo de falha para os dois elementos estruturais situados a cada 10 metros do centro da chama.

Tabela 7 - Temperatura e tempo de falha para a seção transversal dos elementos

DISTÂNCIA DA CHAMA (METROS)	MÁXIMA ENERGIA (kW/m²)	MEMBRO TRACIONADO FATOR MASSIVIDADE: 271 m^{-1}		MEMBRO COMPRIMIDO FATOR MASSIVIDADE: 150 m^{-1}	
		TEMPERATURA FALHA (°C)	TEMPO FALHA (MINUTO)	TEMPERATURA FALHA (°C)	TEMPO FALHA (MINUTO)
20	75,0	507	02	415	0,3
40	50,7		03		04
50	37,1		04		05
60	28,4		06		07
70	22,0		08		10
80	17,7		12		13
90	14,4	NF*	NF*		17
100	11,9	NF*	NF*		24

* NF – Não Falha

As Figuras 17 e 18 ilustram o crescimento da temperatura e a redução da resistência em função do tempo.

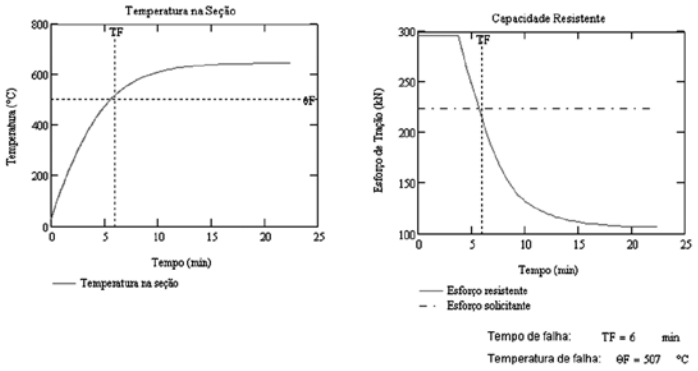


FIGURA 17 - Temperatura e capacidade resistente da seção versus tempo para o caso 1 submetido a uma energia térmica radiada de 28,4 kW/m²

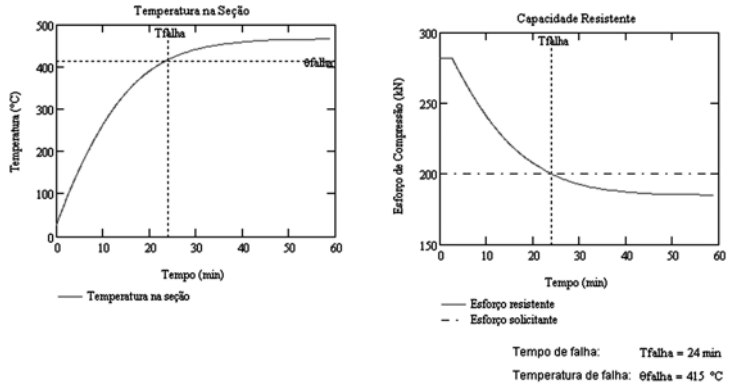


FIGURA 18 - Temperatura e Capacidade Resistente da Seção x Tempo para o caso 2 submetido a uma energia térmica radiada de 11,9 kW/m²

Um incêndio na unidade de tancagem e transferência poderá comprometer outras unidades de refino. Mesmo que o sistema de supressão dos tanques e esferas (isto é, sistema *spray*) esteja disponível, há muitas incertezas que poderão ser responsáveis pelo sucesso ou falha do sistema supressão em controlar o incêndio. *Há água suficiente e na pressão adequada fluindo por meio do sistema spray? A água é suficiente para terminar o incêndio? A água irá controlar o incêndio se calor suficiente alcança os sprinklers heads para ativá-los?* A probabilidade de um *Boiling Liquid Expand Vapor Explosion* é maior, logo o sistema *spray* dos tanques tornar-se-á inoperante. *E se a brigada da refinaria não aplicar o agente extintor (*isto é, *espuma ou água) antes do incêndio ficar fora de controle?* A pergunta a ser feita não é se o incêndio na área de tancagem irá ser controlado e extinguido, a pergunta a ser feita é: **Quando?**

9.3. TERCEIRO PASSO: AVALIAÇÃO DA PROTEÇÃO ALTERNATIVA

A caracterização dos riscos é realizada por meio de modelos de dispersão e de incêndios, dados experimentais, entre outros. Após as estimativas da extensão da propagação da chama e da análise de vulnerabilidade do receptor é necessário verificar se as conseqüências são aceitas pela organização (isto é, acionistas). Se forem aceitas, então um outro cenário considerado crítico deve ser analisado. Caso contrário, isto é, se as conseqüências são inaceitáveis, então é necessário avaliar uma proteção alternativa. Em outras palavras, quando a caracterização dos riscos indicar que as perdas são inaceitáveis será necessário avaliar uma proteção alternativa.

Potencialmente as melhores alternativas de proteção estão em duas categorias: as medidas de prevenção e as medidas de controle do dano. As medidas de prevenção consistem em menor inventário de produtos flamável na planta e modificações para eliminar ou reduzir a freqüência de fontes de ignição. As medidas de controle dos danos incluem melhorar os sistemas de detecção, notificação e combate, materiais e estruturas com maior tempo de resistência ao fogo, entre outras. As proteções ativas contribuem para minimizar os danos causados pelo incêndio. Após a implementação da proteção alternativa deve-se analisar as conseqüências do incêndio levando-se em consideração a proteção instalada para verificar se as conseqüências se tornaram aceitáveis, Figura 1. Se as conseqüências são aceitáveis um outro cenário deve ser estudado. Porém se as conseqüências não forem aceitáveis devem-se avaliar alternativas de proteção.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- API Recommended Practice P 521. *Guide for Pressure Relieving and Depressuring Systems*. Ed. 4th, American Petroleum Institute, 1994.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8800:1986. *Projeto e execução de estruturas de aço de edifícios (método dos estados limites)*. ABNT,1986.

• ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14323:1999. *Dimensionamento de estruturas de aço de edifícios em situação de incêndio – Procedimento*. ABNT, 1999.

• BAGSTER D. F. & SCHUBACH A*. The prediction of jet-fire dimensions, J. Loss Prevention.* Process Industry. Vol. 9, nº 3, pp. 241-245, 1996.

• BUCHANAN, A. H. *Structural Design Fire Safety*. John Wiley & Sons, 2001.

• BJERKETVEDT, D. et al. *Gas Explosion Handbook*. Journal of Hazardous Materials 52, 1997.

• CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY (CCPS) OF THE AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS. *Guidelines for Evaluating the Characteristics of Vapor Cloud Explosions*. Flash Fires, and BLEVEs, 1998.

• COX, G. et alli. *Combustion Fundamentals of Fire.* San Diego. EUA: Academic Press Inc, 1996.

• CROWL, D. A. *Understanding Explosions.* New York, American Institute of Chemical Engineers, 2003.

• DRYSDALE, D. *An Introduction to Fire Dynamics.* 2.ed. Chichester, John Wiley & Sons, 2002.

• DUARTE, D. e WILLMERSDORF, R. *Relatório sobre a Análise de Conseqüências no Evento de um Blowout na Superfície do Campo de Piranema*. Relatório UFPE e CENPES; Outubro de 2005.

• DUARTE, D. e WILLMERSDORF, R. *Relatório sobre a Análise de Conseqüências no Evento de um Blowout na Superfície do Campo de Manati*, Relatório UFPE e CENPES; novembro de 2005.

• DUARTE, D et alli. *Metodologia para acesso aos Riscos de Incêndios e Explosão em Termoelétricas a Gás Natura.* Relatório UFPE e Grupo Neo Energia, março de 2007.

• DUARTE, D et alli. *Relatório sobre a Análise de Vulnerabilidade da Refinaria do Nordeste*. Relatório UFPE e Petrobras, janeiro de 2007.

• EVANS D.D. & HAYNES G.A. *Flame Heights and Heat Release Rates of 1991 Kuwait Oil Field Fires.* In: FIRE SAFETY SCIENCE – Proceedings of the Fourth International Symposium, Ottawa, Canadá, 1994. pp. 1279 – 1289.

• EN 1991-1-2. EUROCODE 1. *Actions on Structures – part 1.2: General Actions – Actions on Structures Exposed to Fire*. CEN, 2002.

• EN 1993-1-2. EUROCODE 3. *Design of Steel Structures – part 1.2: General Rules – Structural Fire Design.* CEN 2005.

• FERREIRA, W.G., et alli. *Dimensionamento de Estruturas de Aço e Mistas em Situação de Incêndio.* Grafer, 2006.

• *GARDNER, L. & Ng, K.T. Temperature Development in Structural Stainless Steel Sections Exposed to Fire.* Fire Safety Journal, v. 41, pp. 185-203, 2006.

• GARDNER, L. & Baddoo, N.R. *Fire Testing and Design of Stainless Steel Structures.* Journal of Constructional Steel Research, v. 62, pp. 532-543, 2006.

• GUIMARÃES, A. BLEVE. Revista Incêndio, São Paulo, n. 27, fevereiro 2005.

• HARMATHY, T.Z. *Fire Safety Design and Concrete*. Concrete and Construction Series. Longman Scientific and Technical, UK.

• HEALTH AND SAFETY EXECULTIVE. England. *CFD Calculation of Impinging Gas Jet Flame.* London, 1999.

• HEALTH AND SAFETY EXECULTIVE. England. *Oil and Gas Fires: Characteristics and Impact.* London, 1992.

• HEALTH AND SAFETY LABORATORY. *Human Vulnerability to Thermal Radiation Offshore*. Crown, 2004.

• JOHNSON J. & JEFFREY D. *The Importance of Multiphase and Multicomponent Modeling in Consequence and Risk Analysis*. Journal of Hazardous Materials. Vol. 104 pp. 51-64, 2003.

• KRUEGER J. & SMITH D. *A Pratical Approach to Fire Hazard Analysis for Offshore Structures.* Journal of Hazardous Materials. Vol. 104 pp. 107-122, 2003.

• KELLY, F.S. & SHA, W. *A Comparison of the Mechanical Properties of Fire-Resistant and S275 Structural Steels.* Journal of Constructional Steel Research, v. 50, pp. 223-233, 1999.

• LEA, C. J. *A Review of the State-of-the-Art in Gas Explosion Modeling*. Buxton, Health & Safety Laboratory, 2002.

• LEES, F. P. *Loss Prevention in the Process Industries*. 2Rev. ed. Oxford, Butterworth-Heinemann, 2001.

• MÄKELÄINEN, P. et al. *Fire Design for Structural Steel S420M based upon Transient-State Tensile Test Results.* Journal of Constructional Steel Research, v. 48, pp. 47-57, 1998.

• NEIVA, J. *Conhecendo o Petróleo*. 6.ed. Rio de Janeiro, Expressão e Cultura, 1993.

• NOLAN, D. P. *Handbook of Fire and Explosion Protection Engineering Principles for Oil, Gas, Chemical, and Related Facilities.* Westwood, Noyes Publications, 1996.

• PIRES, T; DUARTE, D; REGO SILVA, J & SENA, L. *Um método simplificado do risco de falha em estruturas metálicas devido ao impacto térmico de um jet fire proveniente de blowout em poços de petróleo; XIII Simpósio em Engenharia de Produção.* XIII SIMPEP, 2006

• PIRES, T. *Gerenciamento de riscos de incêndios avaliação do impacto em estruturas de concreto armado através de uma análise experimental de vigas isostáticas.* Dissertação de Mestrado Acadêmico doto de Engenharia. de Produção – UFPE, 2005.

• PIRES, T; DUARTE, D & REGO SILVA, J & SENA, L. *Impacto de incêndios em estruturas de concreto armado: Um estudo de caso.* NUTAU, 2006.

• PIRES, T; REGO SILVA, J, DUARTE, D;& ANDRADE, T. *Uma abordagem experimental para avaliações da resistência mecânica residual de vigas em concreto armado após incêndios.* 48º IBRACON, 2006.

• QUINTIERI, J.G. *Principles of Fire Behavior.* Delmar Publishres, 1997.

• SKLAVOUNOS, S. & RIGAS, F. *Estimation of Safety Distances in the Vicinity of Fuel Gas Pipelines, J. Loss Prevention.* Process. Accepted em 10 de maio de 2005.

• SCHLEYER, G. K. & CAMPBELL, D. *Development of Simplified Analytical Methods for Predicting the Response of Offshore Structures to Blast and Fire Loading.* Marine Structures, v. 9, pp. 949-970.

• SENA. L.A.C.V. *Uma metodologia para análise das conseqüências de um blowout durante a perfuração de poços offshore.* Dissertação de Mestrado Acadêmico doto de Engenharia. de Produção – UFPE, 2005.

• SILVA, V.P. *Estruturas de aço em situação de incêndio.* Zigurate editora, 2001.

• SUKUMOTO, Y. & SAITO. H. *Fire-Safety of Modern Steel Buildings in Japan*. Journal. Construct. Steel Research, v.33, pp. 101-123, 1995.

• THOMAS. J. E. *Fundamentos de Engenharia de Petróleo.* 2.ed. Rio de Janeiro, Interciência, 2001.

• ZALOSH, R. G. *Industrial Fire Protection Engineering*. Worcester, EUA, John Wiley &Sons.

• WANG, Y.C., WONG, P.M.H. et al. An Experimental Study of the Mechanical Properties of Fibre Reinforced Polymer and Steel Reinforcing Bars at Elevated Temperatures. Composite Structure, article in press, 2006.

• WONG, M.B. *Universal Design Charts for Insulation of Steel Members in Fire.* Journal of Constructional Steel Research, v.61, pp. 1447-1456, 2005.

• YANG et al. *Experimental Study of Fire-Resistant Steel H-Columns at Elevated Temperature.* Journal of Constructional Steel Research, v. 62, pp. 544-553, 2006.

XXVI
ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Dr. Fabio Domingos Pannoni
Gerdau Açominas

Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

1. Introdução

Engenharia de segurança contra incêndio é uma nova área de conhecimento, multidisciplinar, de que muito se tem falado na última década.

A literatura apresenta pequenas variações na definição do tema. Uma definição bastante aceita, dada pela Norma Britânica BS 7974:20011, é aquela que a situa como sendo a "aplicação de princípios de ciência e engenharia à proteção da pessoa, propriedade e meio ambiente, da ação do incêndio".

As medidas de segurança contra incêndio costumeiramente utilizadas em edificações, têm sido historicamente especificadas, em todo o mundo, utilizando-se códigos prescritivos. Para muitos tipos de edificações, o emprego de tais códigos fornece, aos seus projetistas, uma solução simples, segura e, o mais importante, conhecida. No Brasil, como em grande parte do mundo, a ocupação e a altura da edificação são as variáveis empregadas na determinação de um Tempo Requerido de Resistência ao Fogo (TRRF), a ser obedecido por cada um dos componentes estruturais individuais da edificação (pilares, vigas, etc.). A aplicação, sobre a estrutura, de produtos de proteção térmica, testados em um ensaio normatizado de resistência ao fogo (o "incêndio- padrão"), encerra o processo.

Esses códigos são bastante gerais e atendem a uma grande variedade de edificações. Justamente pela sua generalidade, eles nem sempre oferecem uma solução ótima em termos de segurança da pessoa, da propriedade e do meio ambiente. Além disso, os custos da proteção contra fogo também não são otimizados. Algumas das principais vantagens e desvantagens dos sistemas tradicionais, prescritivos, são resumidas na Tabela 1.

Tabela 1 - Principais vantagens e desvantagens da utilização de códigos prescritivos

VANTAGENS	DESVANTAGES
Simples de utilizar	Muitas vezes não é flexível
Sintetiza uma experiência histórica	Incapaz de prever todas as situações reais
Fornece uma solução consensada	Em geral, não fornece a solução ótima
	A evolução técnica é lenta – pode levar vários anos para que uma nova solução seja amplamente aceita

O enfoque da engenharia de segurança contra incêndio considera um conjunto bastante abrangente de variáveis a serem analisadas – um "pacote global de segurança contra incêndio" – fornecendo uma solução mais fundamentada em ciência e engenharia - muitas das vezes também mais econômica - do que o enfoque puramente prescritivo. Mais do que isso, ela pode ser o único meio viável de se atingir um padrão satisfatório de segurança contra incêndio para algumas edificações grandes e complexas. A Figura 1 ilustra essa situação.

O Millenium Dome, concebido pelo arquiteto Richard Rogers, é um centro de exposições situado em Londres, na península de Greenwich. Ele cobre uma área fechada de 100.000m^2, tem uma circunferência de um qui-

lometro e mede 365m de diâmetro (50m em seu ponto mais alto). No coração da cúpula existe uma arena central concebida como um espaço teatral aberto, flexível. Organizado ao redor do perímetro, existem edifícios de apoio (entretenimento, restaurantes e lojas), junto com catorze áreas de exposição. Para se ter idéia das proporções dessa construção: a Torre Eiffel cabe horizontalmente dentro da cúpula e a Coluna de Nelson, verticalmente. A cúpula é suspensa por doze mastros de aço de 100m de comprimento, contidos no lugar por mais de 70km de cabos de reforço. A cobertura é de PTFE coberta de fibra de vidro. O conceito estrutural é simples e inovador: cabos de aço tensionados, dispostos radialmente na superfície e fixados aos nós por presilhas e cabos de amarração a intervalos de 25m.

Como implementar um projeto de segurança contra incêndio para essa edificação, em bases puramente prescritivas?

FIGURA 1 - O centro de exposições "Millenium Dome", em Londres (1999). O projeto de engenharia contra incêndio desta obra utilizou os softwares BuildingExodus e SmartFire, desenvolvidos pela Universidade de Greenwich

O cerne da engenharia de segurança contra incêndio trata do estabelecimento de objetivos claros a ser alcançados para a segurança dos ocupantes da edificação, da criação de uma estratégia de segurança contra incêndio (considerando-se todos os possíveis cenários de incêndio) e, finalmente, implementar essa estratégia consensada. Engenharia de segurança contra incêndio considera incêndios "reais", em edificações "reais", ocupadas por pessoas "reais".

A Tabela 2 mostra uma comparação sintética entre a engenharia de segurança contra incêndio e os métodos prescritivos.

Tabela 2: Comparação entre a engenharia de segurança contra incêndio e as técnicas usuais, prescritivas

ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO	MÉTODOS PRESCRITIVOS ATUAIS
Um conjunto de soluções em segurança contra incêndio é feito sob medida para os riscos e objetivos previamente especificados	Muitas vezes não é flexível
Facilita a inovação, sem comprometimento da segurança	Incapaz de prever todas as situações reais
Os custos da proteção contra incêndio podem ser minimizados sem redução da segurança	Em geral, não fornece a solução ótima
Exige um grupo técnico altamente especializado	A evolução técnica é lenta – pode levar vários anos para que uma nova solução seja amplamente aceita
Consome grande capacidade computacional	Em sua forma mais simples (uso de "cartas de cobertura"), não requer nenhuma capacidade computacional

Este capítulo apresenta uma introdução ao extenso e complexo tema que é a engenharia de segurança contra incêndio. Ela é dirigida àqueles não-especialistas no assunto, mas, naturalmente, será de utilidade aos profissionais que militam nesse campo.

2. O projeto de engenharia de segurança contra incêndio

A engenharia de segurança contra incêndio considera a existência de um conjunto de medidas de segurança contra incêndio (um "pacote global"), fornecendo uma solução mais abrangente, científica e, como dito anteriormente, muitas vezes mais econômica do que aquela proporcionada pelo enfoque prescritivo.

Segundo a BS 7974, o enfoque deve ser aplicado utilizando-se três estágios, representados na Figura 2:

• **Revisão qualitativa do projeto (RQP):** o escopo e objetivos a serem alcançados são claramente definidos, os critérios de desempenho são estabelecidos e uma ou mais soluções potenciais de projeto são propostas.

• **Análise quantitativa (AQ):** métodos de ciência e engenharia são utilizados para avaliar as soluções potenciais identificadas na RQP. A análise quantitativa pode ser uma análise temporal, utilizando-se subsistemas apropriados, descritos adiante, de modo a refletir o impacto do incêndio sobre as pessoas e propriedade em diferentes estágios de seu desenvolvimento.

• **Atendimento aos critérios previamente estabelecidos:** a análise quantitativa é comparada aos critérios de aceitação identificados no RQP, para testar a aceitabilidade das propostas. Caso os critérios sejam atendidos, o projeto será considerado concluído.

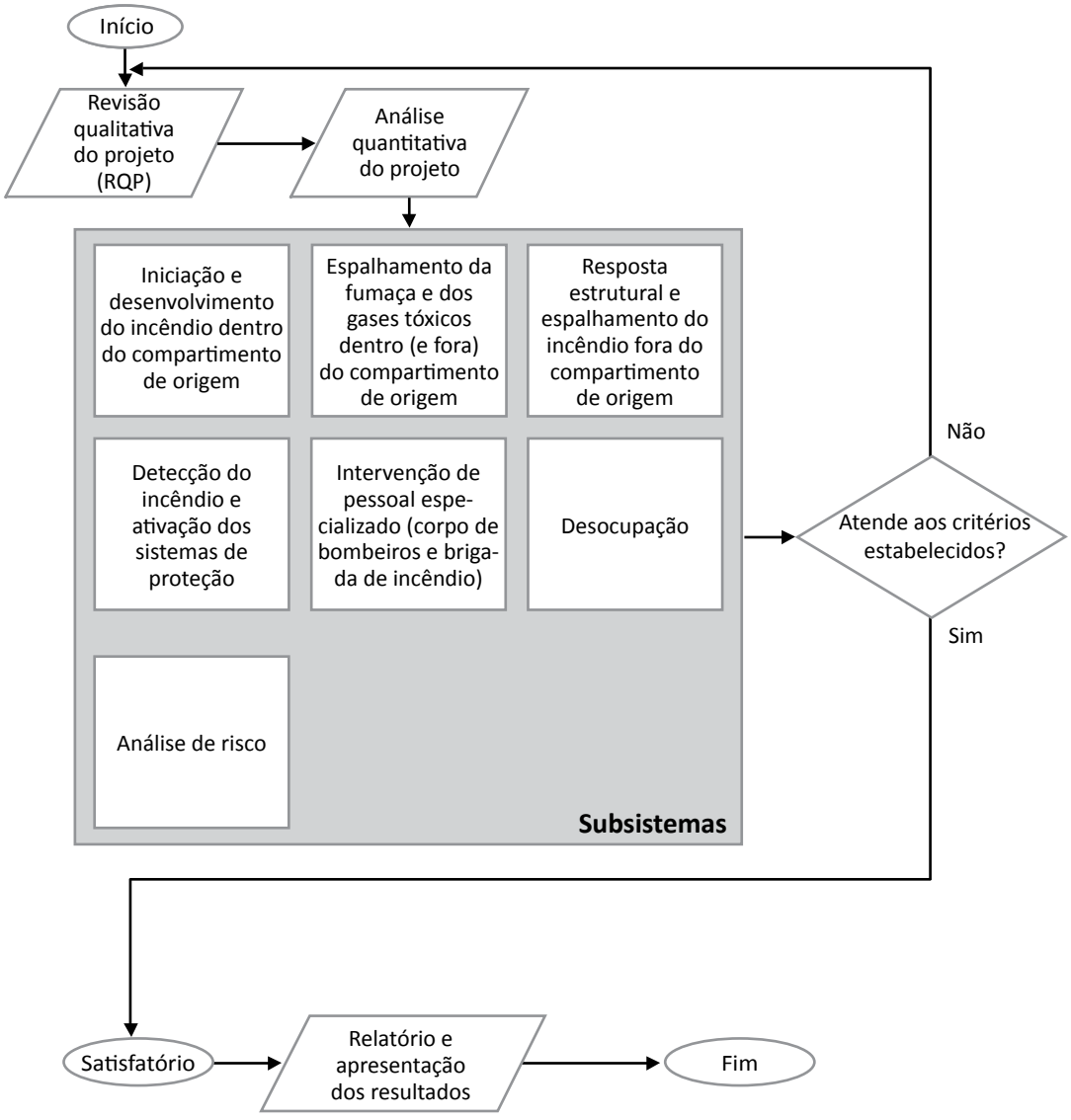


FIGURA 2 - O processo básico de engenharia de segurança contra incêndio

3. Revisão Qualitativa do Projeto (RQP)

A RQP é um processo desenvolvido a partir da experiência e conhecimento de uma equipe multidisciplinar. O escopo e os objetivos a ser alcançado no projeto de engenharia de segurança contra incêndio são definidos por uma equipe que inclui os seguintes profissionais:

1. Engenheiro de segurança contra incêndio (coordenador).
2. Arquiteto.
3. Engenheiro de utilidades.
4. Engenheiro estrutural.
5. Gerenciador do empreendimento.
6. Representante do órgão aprovador (corpo de bombeiros).
7. Representante da seguradora.

Projetos pequenos, ou nos quais a engenharia de segurança contra incêndio é aplicada de forma limitada e bem definida no projeto, a RQP pode ser desenvolvida por um grupo menor de profissionais que, em muitos casos, envolve somente o engenheiro de segurança contra incêndio e o arquiteto. O procedimento descrito na Figura 2 deve, ainda assim, ser completamente realizado.

A RQP é uma técnica que permite ao grupo refletir sobre como o incêndio pode ser iniciado e estabelecer certas estratégias para manter o risco em um nível aceitável. A RQP pode, então, ser avaliada quantitativamente, comparando-se com os objetivos e critérios estabelecidos pela equipe.

De forma ideal, a RQP deve ser levada a cabo já nos estágios iniciais de projeto, de modo que qualquer alteração substancial possa ser incorporada no projeto da edificação antes que o projeto executivo seja desenvolvido. Entretanto, na prática, o processo da RQP acaba envolvendo algumas interações, conforme o projeto passa de um grande conceito "abstrato" para um grande nível de detalhamento.

Os principais estágios da RQP são:

3.1. REVISÃO DO PROJETO ARQUITETÔNICO E CARACTERÍSTICAS DOS OCUPANTES

De forma ideal, o projeto arquitetônico deve ser revisto nos primeiros estágios do desenvolvimento conceitual, de modo a garantir que as medidas de segurança contra incêndio e o projeto arquitetônico sejam desenvolvidos de forma harmônica.

Toda a informação relevante sobre a edificação, seus ocupantes e usos, deve ser fornecida à equipe de RQP:

1. Estrutura da edificação e layout.
2. Usos e conteúdos da edificação.
3. Acesso dos profissionais de combate ao incêndio na edificação.
4. Ocupantes (incluindo qualquer exigência particular para pessoas com restrições).
5. Sistemas de ventilação.
6. Necessidades do proprietário (incluindo futuras opções).
7. Pessoas que poderão fornecer futuras informações, quando necessário.

A Tabela 3 fornece uma lista dos itens que poderão ser considerados na revisão do projeto arquitetônico. A lista não é completa, mas fornece um guia dos fatores que necessitam de avaliação.

3.2. OBJETIVOS DA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Os objetivos do projeto de segurança contra incêndio devem ser claramente definidos nos primeiros estágios do projeto. A proteção à vida sempre será o primeiro objetivo a ser alcançado, mas o impacto financeiro de um incêndio sobre o negócio, como resultado direto das perdas da propriedade e da produção, também são importantes considerações. Alguns tipos de negócios, como, por exemplo, uma cadeia internacional de hotéis, podem sofrer perdas indiretas, como a de sua imagem perante a sociedade.

Os objetivos da segurança contra incêndio que tipicamente fazem parte de um estudo de engenharia de segurança contra incêndio são: 1) segurança da vida 2) controle das perdas e 3) impacto ambiental.

Tabela 3 - Itens típicos a serem considerados durante a revisão do projeto arquitetônico

ÁREA DE REVISÃO	ITENS A SEREM CONSIDERADOS
Projeto da edificação	Número de andares (acima e abaixo do nível de descarga)
	Dimensões gerais
	Natureza da construção
	Geometria e interconexão de espaços
	Subdivisão interna da edificação
	Rotas normais de circulação
	Saídas de emergência
	Planos para dispersão de pessoas nas proximidades da edificação
	Tempo de resposta da brigada de incêndio
	Acesso aos equipamentos de combate ao incêndio
	Acesso do corpo de bombeiros à edificação
	Localização da edificação relativa às outras edificações
Ocupantes	Número e distribuição
	Uso (simples ou múltiplo)
	Mobilidade
	Estado de atenção
	Familiaridade com a edificação
	Agrupamento social
	Responsabilidades de pessoas-chave
	Compromisso com uma atividade
Compartimento	Condições incomuns (por exemplo, líquidos inflamáveis guardados em um escritório)
	Fontes potenciais de ignição
	Carga específica de incêndio
	Revestimentos internos de paredes e pisos
	Nível de ruído ambiental
	Sistemas de ventilação
	Rotas possíveis para o espalhamento do fogo e fumaça
Outros fatores	Contatos para o fornecimento de outras informações
	Qualidade e extensão do controle do gerenciamento continuado
	Futuras alterações de layout que podem ser antecipados
	Sistemas de proteção especificados pelo cliente (por exemplo, chuveiros para a prevenção de perdas)

3.3. DANOS CAUSADOS PELO INCÊNDIO

Uma revisão sistemática do projeto deve ser conduzida, de modo a estabelecer os danos relacionados ao incêndio dentro da edificação e suas conseqüências potenciais. A revisão deve levar em consideração fatores tais como:

1. Fontes de ignição.
2. Conteúdo combustível.
3. Materiais de construção.
4. Natureza das atividades na edificação.
5. Fatores não usuais porventura existentes.

A Tabela 4 resume alguns dos principais itens a serem considerados na avaliação do perigo potencial.

Tabela 4: Ítens típicos a serem avaliados durante a avaliação do perigo potencial

FONTES DE IGNIÇÃO	MATERIAIS COMBUSTÍVEIS
Materiais de fumantes	Produtos líquidos inflamáveis (tintas, adesivos, solventes, etc.)
Chamas expostas	Produtos químicos inflamáveis
Aquecedores elétricos, a gás ou óleo	Madeira
Processos a quente	Produtos de papel
Cocção de alimentos	Plásticos, borrachas e espumas
Motores ou caldeiras	Gases inflamáveis
Máquinas ou equipamentos de escritório	Móveis
Equipamentos de iluminação	Produtos têxteis
Fricção de correias	Materiais de empacotamento e transporte
Pós-reativos	MDF, compensados, acabamentos, etc.
Eletricidade estática	
Impacto de metais	
Incêndios criminosos	

As considerações relativas ao potencial de periculosidade não devem ser restritas à ignição e espalhamento do incêndio, mas devem incluir os danos que podem impedir a desocupação (por exemplo, um evento particularmente perigoso que pode acontecer na saída de emergência, ou um layout que não favorece a orientação).

3.4. PROJETOS "TENTATIVOS" DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Em muitos casos, será necessário modificar o projeto arquitetônico, ou fornecer várias medidas de segurança contra incêndio para se atingir os objetivos da segurança contra incêndio. Um projeto "tentativo" é simplesmente um grupo de medidas que, no contexto dos parâmetros da edificação, poderá atender os objetivos da segurança contra incêndio.

Para que uma solução ótima possa ser identificada, a equipe de RQP deve estabelecer um ou mais projetos "tentativos" de segurança contra incêndio que serão detalhados na análise quantitativa posterior. De modo geral, vários dos projetos poderão fornecer uma solução aceitável. A equipe de RQP deve utilizar seu conhecimento e experiência, de modo a fazer um julgamento balizado das várias alternativas. Em muitos casos, o primeiro projeto "tentativo" trata da aplicação do modelo prescritivo tradicional. Isso servirá como comparativo para os demais tratamentos.

No desenvolvimento do RQP, a equipe não deve somente considerar a adição de sistemas de proteção

adicionais, mas também deve revisar o projeto, no sentido de eliminar ou reduzir alguns dos perigos potenciais. Quando prático, a redução do potencial de danos por meio da alteração do projeto arquitetônico é sempre preferível à adição de qualquer medida adicional de proteção contra incêndio.

A Tabela 5 fornece uma lista de itens que podem ser considerados quando do desenvolvimento dos projetos "tentativos".

Como parte do processo, deve-se considerar eventos do tipo "e se". O objetivo é o de identificar possíveis falhas nos sistemas ou eventos não previstos, que podem influenciar de modo significativo o estudo.

Alguns exemplos de "e se":

1. Portas corta-fogo mantidas abertas.
2. Novos materiais combustíveis introduzidos em locais específicos.
3. Paredes de compartimentação que permitem a passagem de fogo ou fumaças.
4. Materiais de inflamabilidade acima do especificado.
5. A energia elétrica necessária ao acionamento de ventiladores ou à criação de aberturas pode falhar.
6. Chuveiros automáticos que não funcionam devido à falta de manutenção.
7. Sistemas de detecção afetados adversamente pelo movimento do ar ventilado.
8. Incêndio localizado na saída, bloqueando-a.
9. O gerenciamento falha na implementação de medidas de segurança contra incêndio.

3.5. CRITÉRIO DE ACEITAÇÃO E METODOLOGIA DE ANÁLISE

Os objetivos estabelecidos (item 3.2) são bastante amplos e, de certa forma, de fácil concordância. Entretanto, esses objetivos não são suficientemente específicos para fornecer uma base para um projeto de engenharia. Não importa que medidas de proteção sejam tomadas, não existe algo como risco zero. A possibilidade de morte e danos físicos e à propriedade não pode ser totalmente eliminada. É, assim, essencial o estabelecimento de critérios que possam ser usados na avaliação do atendimento dos objetivos da segurança contra incêndio. Isso pode ser realizado convertendo-se os objetivos de segurança contra incêndio em termos de engenharia, adotando-se alvos de projeto e critérios de desempenho.

Tomando como exemplo a sede comercial de uma grande empresa, composta por dois grandes edifícios contíguos, os objetivos de segurança à vida e à propriedade podem ser convertidos em termos de engenharia como indicado na Tabela 5.

Tabela 5 - Exemplos de ajuste de objetivos, alvo de projeto e critério de desempenho

OBJETIVO	ALVO DE PROJETO	CRITÉRIO DE DESEMPENHO
Os ocupantes podem deixar a edificação em condições de razoável segurança	Manter as rotas de fuga em condições de proteção satisfatórias, até a completa desocupação da edificação	Garantir que camada de fumaça fique situada a > 2,5m acima do nível do piso, com temperatura < 200°C, até o término da desocupação
Manter pelo menos uma edificação em operação	Garantir que todo o calor gerado por radiação não danifique de modo significativo a edificação adjacente	Garantir que a radiação incidente sobre o telhado ou paredes da edificação adjacente seja < 10kW/m^2
		Garantir que o material externo de proteção seja resistente à ignição piloto em níveis de radiação ≤ 10kW/m^2

No exemplo acima, o critério de desempenho foi ajustado em termos determinísticos, mas as normas que tratam de engenharia de segurança contra incêndio permitem que a adequação de um projeto possa ser demonstrado utilizando um dos três enfoques:

1. Comparativo (demonstra equivalência com códigos prescritivos estabelecidos, utilizando métodos determinísticos ou probabilísticos).

2. Determinístico (mostra que um conjunto definido de condições não ocorrerá no pior cenário).

3. Probabilístico (estabelece que a freqüência de um evento não desejado seja aceitavelmente pequena).

O tipo de critério de aceitação adotado está intimamente ligado ao método de análise, e o engenheiro de segurança contra incêndio deve identificar o método de análise mais apropriado.

3.6. ANÁLISE DOS POSSÍVEIS CENÁRIOS DE INCÊNDIO

O número dos possíveis cenários de incêndio, mesmo em uma edificação simples, pode se tornar muito grande, e pode ser impossível – ou desnecessário – obter os efeitos de todos eles. Entretanto é usual a identificação de mais de um cenário crítico, que seguirão à avaliação detalhada.

Em alguns casos (por exemplo, uma edificação de um só compartimento), será possível identificar um cenário que representa claramente o pior caso. Entretanto em uma edificação complexa, pode ser necessário estabelecer-se um número de cenários para que se tenha um julgamento detalhado.

Dependendo dos objetivos do estudo de engenharia de segurança contra incêndio, a definição de um cenário de incêndio necessitará considerar alguns ou todos os seguintes fatores:

1. Criação de um incêndio (ou, como é chamado, “projeto de incêndio”).
2. Localização do incêndio.
3. Características dos ocupantes.

3.6.1. O PROJETO DE INCÊNDIO

A maior parte dos incêndios pode ser caracterizada pelas seguintes fases:

• **Fase incipiente:** fase inicial, de crescimento lento, caracterizado pela combustão lenta, ou por chamas limitadas.

• **Fase de crescimento:** corresponde ao período de propagação do incêndio anterior à inflamação generalizada.

• **Fase de incêndio plenamente desenvolvido:** caracterizado por uma velocidade de queima constante. tanto em incêndios controlados pela ventilação quanto em incêndios controlados pelo combustível.

• **Fase de decaimento:** período de declínio da severidade do incêndio.

• **Extinção**: quando a energia não é mais liberada.

Em uma análise relativa à segurança à vida, feita para avaliar a habilidade dos ocupantes de desocupar o compartimento de origem do incêndio, somente as fases incipiente e de crescimento serão de relevância. Após a inflamação generalizada ou fase de incêndio completamente desenvolvido não mais se considera a possibilidade de desocupação.

Quando se considera a resposta de elementos estruturais (ou de compartimentação), a fase do incêndio de significância é a de incêndio completamente desenvolvido.

A Figura 3 ilustra as principais fases de um incêndio.

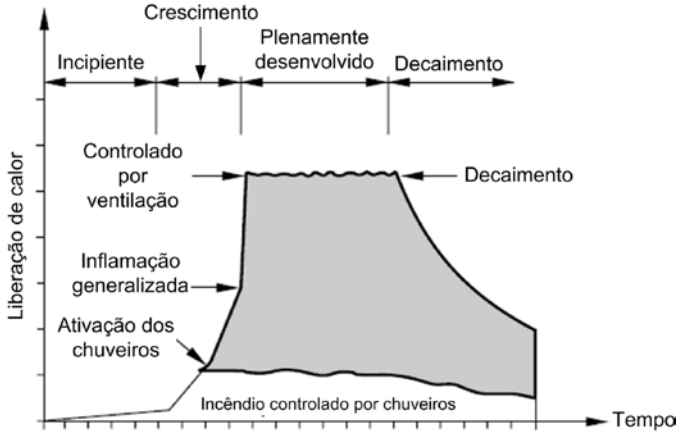


FIGURA 3: Estágios no desenvolvimento e decaimento de um incêndio

Quando for possível estabelecer o primeiro item a ser ignizado, a velocidade inicial do crescimento do incêndio pode ser determinada a partir de ensaios laboratoriais. O desenvolvimento do incêndio é definido em termos da velocidade de liberação de calor versus o tempo. Entretanto, na maior parte das circunstâncias, conhece-se somente a natureza geral dos materiais combustíveis e o primeiro item a ignizar será indeterminado.

A maior parte dos incêndios que não envolve líquido ou gases terá um início relativamente lento. Conforme o incêndio cresce de tamanho, a velocidade de crescimento acelera. Isso pode ser dependente de muitos fatores, incluindo:

- Natureza dos combustíveis.
- Arranjo geométrico dos combustíveis.
- Capacidade do combustível em se ignizar.
- Velocidade de liberação de calor característica do combustível.
- Ventilação.
- Fluxo de calor externo.
- Área superficial exposta.

Para fins da criação de um "projeto" de incêndio, assume-se, muitas vezes, que o crescimento do incêndio seja proporcional ao quadrado do tempo (o conhecido incêndio t2). Pode-se, assim, modelar qualitativamente um incêndio em cinco categorias de crescimento: muito lento, lento, médio, rápido e ultra-rápido.

As velocidades de crescimento de incêndio, específicas, são apresentadas na Tabela 6. Elas dão uma indicação da velocidade de crescimento que podem ser antecipadas em certo número de usos de edificações típicas e é frequentemente utilizada no RQP.

Tabela 6 - Velocidades de crescimento de incêndio típicas, segundo o conceito t^2

TIPO DE OCUPAÇÃO	VELOCIDADE DE CRESCIMENTO DO INCÊNDIO
Galeria de quadros	Lenta
Moradias	Média
Escritórios	Média
Recepção de hotel	Média
Quarto de hotel	Média
Loja	Rápida
Depósito industrial contendo combustíveis líquidos	Ultra-rápida

A quantidade de combustíveis (carga de incêndio) dentro de um compartimento influenciará a duração e a severidade de um incêndio. Desse modo, essa informação deverá ser disponibilizada, de modo a que se possa avaliar a duração e severidade de um incêndio plenamente desenvolvido.

Certos fatores afetam o crescimento e a severidade do incêndio:

1. Ventilação. As condições de ventilação podem desempenhar uma influencia significativa no desenvolvimento e na severidade do incêndio. Assim, o RQP deve considerar:

a. Existência de portas abertas.

b. Existência de sistemas mecânicos de ventilação.

c. Existência de janelas (depois dos vidros quebrados).

d. Existência de elementos de fechamento colapsados, como o colapso da cobertura.

2. Sistemas de extinção. A ativação de sistemas automáticos de extinção (ou pelo menos de controle do crescimento) de um incêndio.

A localização do "projeto" de incêndio deve ser especificada e o RQP deve identificar a geometria do espaço

e, quando necessário, a localização da origem do fogo dentro do compartimento, isto é, se o fogo está no centro, em um canto ou ainda atrás de uma barreira, dentro do compartimento. Um incêndio localizado adjacente a uma saída de emergência representará, normalmente, o pior cenário de incêndio, levando à indisponibilidade da rota de fuga.

A localização do fogo dentro da edificação também influenciará o tempo requerido pelo corpo de bombeiros para dar início às suas atividades no local. Por exemplo, o tempo para atuação é muito maior nos andares mais elevados de um arranha-céu do que em uma edificação de dois andares.

Variações no tempo de resposta para a desocupação estão relacionados ao tipo de ocupação, população e posicionamento físico. Por essa razão, é importante revisar a ocupação em relação aos fatores que mais parecem influenciar o comportamento humano e a movimentação.

Em adição aos parâmetros de projeto relativos aos meios de desocupação (como a distância a ser percorrida, número e posição das saídas, assim como suas larguras), os seguintes fatores podem influenciar a resposta das pessoas em uma emergência de incêndio:

- Familiaridade do ocupante com a edificação.
- Prontidão dos ocupantes.
- Mobilidade dos ocupantes.
- Afiliação social dos ocupantes.
- Papel e responsabilidade dos ocupantes.
- Posicionamento dos ocupantes dentro da edificação.

O número de ocupantes em um certo espaço impactará diretamente no tempo requerido para a desocupação, utilizando-se as saídas disponíveis. Considera-se o pior caso, no qual certo número de ocupantes esteja presente na edificação (ou em parte desta).

4 . Análise Quantitativa (AQ)

Seguida à análise qualitativa, uma análise quantitativa pode ser feita para verificar a aderência dos projetos "tentativos" desenvolvidos pelo RQP. É conveniente separar os procedimentos de análise em certo número de segmentos (ou subsistemas), cada um cobrindo um aspecto específico do projeto de segurança contra incêndio.

4.1. SUBSISTEMA 1: INICIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO INCÊNDIO DENTRO DO COMPARTIMENTO DE ORIGEM

O subsistema 1 fornece informação sobre dos fatores que afetam a ignição e o desenvolvimento do incêndio no compartimento de origem e dá as razões para a escolha de um projeto de incêndio particular.

O subsistema fornece uma direção de como as seguintes informações podem ser avaliadas como função do tempo:

- Velocidade de liberação de calor.
- Velocidade de produção (mássica) de fumaça.
- Velocidade de produção (mássica) de efluentes, como o monóxido de carbono.
- Dimensão e temperatura da chama.
- Temperatura dentro do compartimento.
- Tempo para atingir a inflamação generalizada.
- Área de implicação do fogo.

No subsistema 1, assume-se que o incêndio cresce sem o impedimento das atividades de combate às chamas, como, por exemplo, a intervenção da brigada de incêndio ou dos chuveiros automáticos.

4.2. SUBSISTEMA 2: INICIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO INCÊNDIO DENTRO DO COMPARTIMENTO DE ORIGEM

Utilizando-se os dados obtidos no subsistema 1, este subsistema fornece um caminho para a avaliação e controle da movimentação dos efluentes do incêndio para fora da região sob influência direta das chamas. As principais áreas a serem analisadas são:

- Espalhamento da fumaça e de outros efluentes dentro e fora do compartimento de origem.
- As características da fumaça em locais definidos:
    - Massa.
    - Volume.
    - Temperatura.
    - Velocidade.
    - Densidade óptica.
    - Concentração de particulados e gases efluentes.
- Métodos de controle da fumaça:
    - Diluição.
    - Sistemas de exaustão.
    - Sistemas de pressão diferencial.
- Técnicas de modelamento.

4.3. SUBSISTEMA 3: INICIAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO INCÊNDIO DENTRO DO COMPARTIMENTO DE ORIGEM

Utilizando os dados gerados do subsistema 1, esse subsistema trata do espalhamento do incêndio para fora do compartimento de origem e da resposta estrutural da edificação (ou de seus elementos individuais) ao fogo. Deve-se considerar:

- Mecanismos de espalhamento do incêndio:
    - Radiação.
    - Movimentação dos gases quentes.
    - Espalhamento de chama através de superfícies combustíveis.
    - Queima de objetos ou gotículas combustíveis.
    - Penetração e colapso de barreiras (paredes, pisos, portas, etc.).
- Condições de exposição ao incêndio (severidade):
    - Condições do ensaio do incêndio-padrão.
    - Projetos de incêndio.
    - Resposta estrutural.
    - Resposta de materiais.
    - Elementos simples.
    - Dois ou mais elementos sob interação.

4.4. SUBSISTEMA 4: DETECÇÃO DO INCÊNDIO E ATIVAÇÃO DOS SISTEMAS DE PROTEÇÃO

Esse subsistema utiliza primariamente os dados gerados do subsistema 2, fornecendo um caminho para a avaliação da resposta de detectores de incêndio, chuveiros automáticos, sistema de exaustão automatizados, etc., para o calor, fumaça e outros efluentes do incêndio. Ele também fornece um meio de se conhecer o impacto dos sistemas de extinção sobre o desenvolvimento do incêndio.

A informação que pode ser obtida dos subsistemas 4 como função do tempo e/ou dimensões do incêndio inclui:

- Detecção do incêndio.
- Ativação dos equipamentos de controle de incêndio:
    - Chuveiros.
    - Sistemas de exaustão.
    - Sistema magnético de fechamento de portas.
    - Barreiras sob rodas.
- Notificação aos bombeiros.
- Modificação dos parâmetros do incêndio:
    - Chuveiros.
    - Sistemas de extinção gasosa.

4.5. SUBSISTEMA 5: INTERVENÇÃO DOS SERVIÇOS DE COMBATE AO FOGO

O subsistema 5 fornece os meios de se estimar a provável resposta e efetividade do serviço de combate ao incêndio, e pode ser utilizado na obtenção dos seguintes parâmetros:

- Tempo de chegada.
- Tempo de intervenção.
- Capacidade de extinção.
- Reforço da capacidade de combate ao fogo.
- Tempo para controle do incêndio.

4.6. SUBSISTEMA 6: DESOCUPAÇÃO

Esse subsistema trata do comportamento das pessoas em resposta ao incêndio (ou a um alarme de incêndio) a os efeitos físicos do calor, fumaça e gases tóxicos. A informação, que pode ser obtida neste subsistema, inclui:

- Parâmetros físicos de desocupação:
    - o Tempo para atingir uma saída de emergência.
    - o Tempo requerido para passar através de uma saída de emergência.
- Parâmetros fisiológicos de desocupação:
    - o Tempo pré-movimento.
    - o Efeito do tipo de sistema de alarme.
- Tempo de desocupação.
- Limites humanos atingíveis:
    - o Visibilidade.
    - o Produtos de combustão tóxicos e irritantes.
    - o Calor radiante.
    - o Temperatura do ar.

4.7. SUBSISTEMA 7: ANÁLISE DE RISCO

O subsistema 7 trata de como quantificar o risco de um incêndio associado à edificação e seus ocupantes, considerando os sistemas de proteção instalados. A informação que pode ser obtida nesse subsistema inclui:

- A freqüência com que incêndios ocorrem.
- Probabilidade de falha dos sistemas de proteção a incêndio.
- O nível do risco de incêndio associado à edificação, seu conteúdo e ocupantes.

5. Critério final de aceitação

O produto final da análise quantitativa acaba por gerar uma série de resultados que devem ser comparados com o critério de aceitação identificado durante a realização da AQ. Três enfoques básicos podem ser considerados:

- Determinístico.
- Probabilístico.
- Comparativo.

Se, seguida à análise quantitativa, for demonstrado que nenhum dos projetos “tentativos” satisfaz o critério de aceitação especificado, a AQ deve ser repetida até que uma estratégia de segurança contra incêndio que satisfaça o critério de aceitação seja encontrada.

Em um estudo determinístico, o objetivo é mostrar que, com base nas premissas iniciais (usualmente concebido como o “pior cenário de incêndio”), um conjunto de condições não ocorrerá. Em um estudo probabilístico, o critério é dado pela probabilidade de que um evento ocorra seja aceitavelmente baixa. O critério de risco é usualmente expresso em termos da probabilidade anual de que um evento indesejado ocorra.

6. Exemplo de aplicação: Telford College (Edimburgo)

O Telford College é a maior instituição pública de ensino superior construída no Reino Unido nos últimos trinta anos. Situada em Edimburgo, a instituição foi oficialmente inaugurada em setembro de 2006, e oferece um grande número de cursos de especialização. A Figura 4 mostra a maquete da instituição.

A obra compreendeu a instalação de vinte e nove mil metros quadrados de acomodações, a um custo de £40m. O objetivo era criar o melhor ambiente possível de ensino para vinte mil estudantes e seiscentos funcionários. O desenvolvimento do projeto compreendeu:

- Uma plataforma de educação em um ambiente estimulante.
- A melhor qualidade de acomodações para o ensino e o aprendizado.
- Espaços de aprendizado holístico e social.
- Flexibilidade e eficiência.
- Busca facilitada pelos diferentes ambientes.
- Edificações sustentáveis, com baixo gasto de energia e ventilação natural.
- Edificações acessíveis a todos.
- Um campus que é o ponto focal da comunidade.

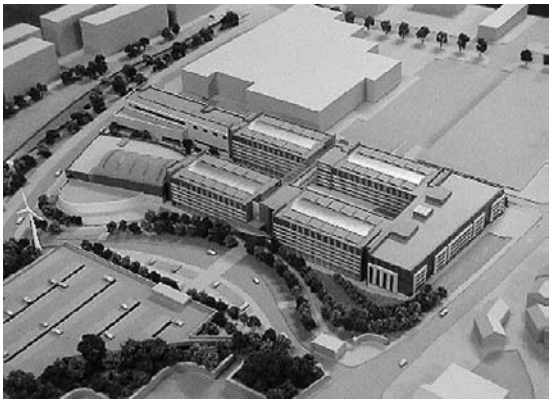


FIGURA 4: Maquete do Telford College, em Edimburgo (Escócia)

Assim, o campus foi criado como local destinado não somente à educação, mas para o uso pela comunidade para exibições, performances, alimentação, salões de beleza e academias de esportes. A Figura 5 mostra a entrada principal da escola.

FIGURA 5: Vista da entrada principal do Telford College

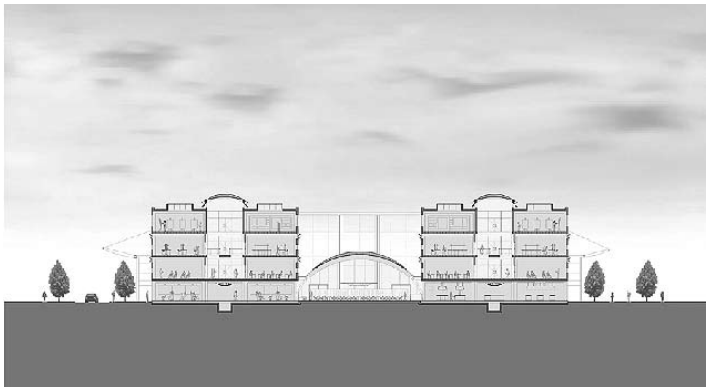


FIGURA 6: Seção transversal de parte da edificação do Telford College

Salas de aula gerais e laboratórios de computação criam um sistema de "ruas de aprendizado"; o edifício possui três andares, com áreas contendo grandes átrios. Espaços abertos substituem os tradicionais corredores, fornecendo flexibilidade de uso. Salas com finalidades específicas, no segundo andar, são conectadas por intermédio de pontes, que atravessam os átrios, mas permitem que a luz natural ilumine todo o ambiente abaixo. A Figura 6 ilustra a seção transversal de parte da edificação e do átrio.

As Figuras 7 e 8 ilustram, respectivamente, um átrio e a área na entrada da edificação.

O projeto de engenharia de segurança contra incêndio da edificação permitiu que a proposta arquitetônica, ambiental e de concepção estrutural fossem implementados de forma econômica. A estratégia adotada foi feita sob medida, levando em consideração os riscos apresentados pela edificação e sua utilização.

FIGURA 7: Um dos átrios da edificação

FIGURA 8: Vista da entrada da edificação, mostrando grandes espaços livres

6.1. A ESTRATÉGIA DE INCÊNDIO ADOTADA NO PROJETO

A estratégia adotada atendeu ao "Building Standards Regulations" da Escócia, de 1990, em sua mais recente revisão, isto é, considerando-se os "Amendments" posteriores. Os principais objetivos da estratégia de incêndio foram os de garantir a adequação do projeto nas seguintes áreas:

- Segurança estrutural.
- Desocupação.
- Detecção e aviso.
- Equipamentos para o combate ao incêndio.

Os requisitos prescritivos, existentes em diferentes normas técnicas do Reino Unido, foram relaxados e aprovados pelas autoridades regulatórias locais, para certo número de características específicas presentes na estratégia adotada no projeto.

O uso da engenharia de segurança contra incêndio, a utilização de boas práticas construtivas e o modelamento computacional permitiram demonstrar que, em cada caso em que o código prescritivo foi relaxado, houve justificativa cientificamente comprovada e plenamente justificável. O uso das técnicas citadas trouxe como resultado:

- Definição do procedimento de desocupação da edificação (em estágios).
- Escolha do ETFE (Etil Tetra Flúor Etileno) como material de cobertura.
- Incorporação de átrios em 4 diferentes locais.
- Criação de áreas de acesso ao corpo de bombeiros em certas áreas da edificação e do campus.
- Utilização de fechaduras de segurança nas saídas de emergência.
- Omissão da proteção antitérmica (proteção passiva) das vigas secundárias.
- Omissão de detectores de fumaça no cruzamento de certos corredores.

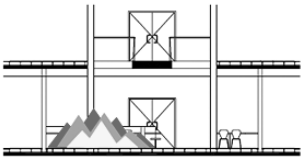
6.2. O MODELAMENTO DE INCÊNDIO

Foi necessário um extenso trabalho de modelamento em relação aos projetos dos átrios, dos procedimentos de desocupação e da proteção estrutural.

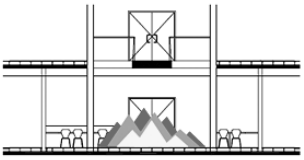
O modelamento do fluxo da fumaça foi feito utilizando-se modelos de zonas e fluido dinâmica computacional (CFD). Esses modelos foram empregados, por exemplo, para a determinação das condições de segurança das pessoas que se utilizam das áreas de circulação aberta (em comunicação com os átrios), no caso em que o incêndio aconteça na base de um destes átrios. Essas áreas de circulação são o único meio de escape das pessoas localizadas acima e ao redor de cada um dos átrios.

Um certo número de cenários de incêndio foram identificados, e modelos construídos para identificar o tempo de desocupação seguro disponível para os ocupantes, utilizando-se as áreas de circulação para a desocupação. Em associação com esse modelamento de radiação, também foram estudados os efeitos prováveis do calor produzido pelo incêndio e seus efeitos sobre os ocupantes situados nestas áreas de tráfego de pessoas (Figura 9).

Foram utilizados vários modelos de desocupação, dos mais simples, requerendo uma simples calculadora de mão, até os mais sofisticados, requerendo computadores poderosos. Esses modelos foram utilizados na determinação do tempo que os ocupantes levam para a desocupação das salas que se comunicam pelo átrio, por meio das rotas de circulação e para o interior de saídas de emergência. Os modelos computacionais permitiram estudar de modo preciso os efeitos do adensamento populacional nos tempos de desocupação.



Incêndio no piso do átrio



Incêndio abaixo de uma passarela central, atravessando um átrio

FIGURA 9: Dois diferentes cenários de incêndio estudados nos átrios

Os resultados obtidos pelo modelamento computacional de evolução da fumaça e modelamento computacional de desocupação foram comparados e tornou-se evidente que o tempo de desocupação segura, disponível, da edificação, era maior do que o tempo de desocupação segura requerido, ditado pelo código prescritivo.

Isso demonstrou às autoridades municipais e ao corpo de bombeiros local que as propostas de projeto eram seguras e aceitáveis, e compensações foram propostas, isto é, as relaxações do código prescritivo foram justificadas.

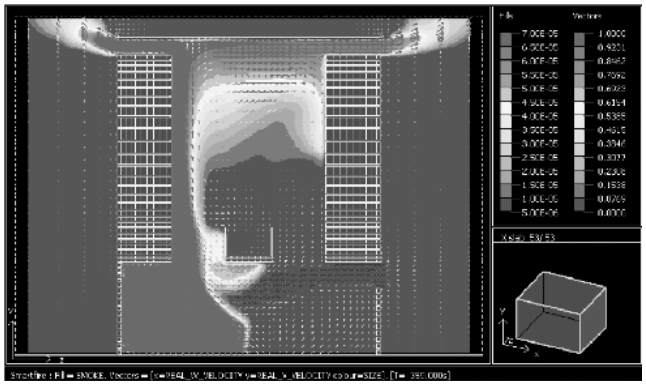


FIGURA 10: Exemplo de resultado obtido através do modelamento CFD

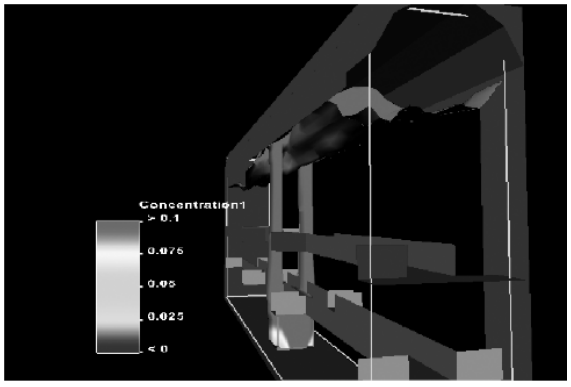


FIGURA 11: Modelamento CFD em 3D

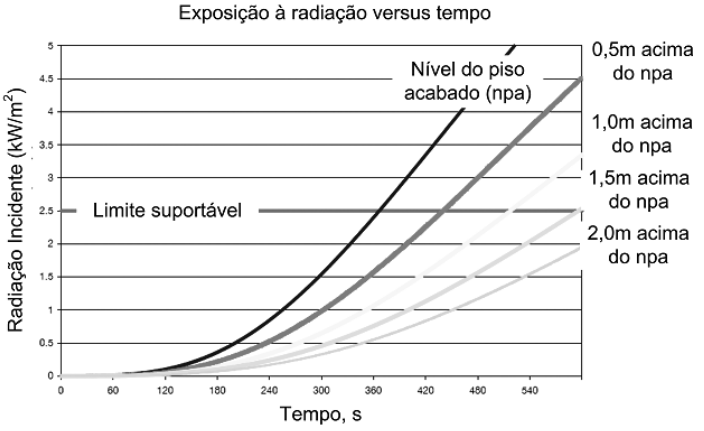


FIGURA 12: Resultados típicos do modelamento da radiação incidente

6.3. MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Adotou-se, na edificação, os seguintes sistemas de segurança contra incêndio:

• **Sistemas de detecção automática de incêndio.** Um sistema de detecção automática de incêndio (conhecido no Reino Unido como "L5") foi instalado de acordo com a BS 5839:2002 Part 12. Uma gama de diferentes equipamentos de detecção automática foi instalada, cobrindo diferentes áreas da edificação. Detectores de calor foram instalados na cozinha e nos quartos. Detectores-padrão de fumaça (conhecidos como "point type") foram instalados na maioria das acomodações. Detectores de fumaça por aspiração foram instalados em cada átrio e no vão central da edificação. O sistema de detecção possui dupla ativação, de modo a reduzir a incidência de alarmes falsos. O painel elétrico de controle do sistema de detecção foi posicionado em uma sala especialmente dedicada. O sistema de detecção foi conectado a um sistema de discagem telefônica automática, que alertará automaticamente o corpo de bombeiros local na eventualidade de qualquer incidente.

• **Sistemas de exaustão de fumaça e calor.** Cada átrio possui um sistema natural de ventilação para a retirada da fumaça e do calor conectado ao sistema de detecção contra incêndio. Esse sistema garante que condições suportáveis sejam mantidas em cada via de circulação que atravessa o átrio. Um gerador de energia dedicado foi instalado somente para os sistemas de exaustão de fumaça e calor.

6.4. SISTEMA DE ALARME DE VOZ

Um sistema de voz foi instalado por toda a edificação, de acordo com a BS 5839:2002 Part 83. Esse sistema foi instalado para fornecer informações claras e concisas aos ocupantes, no caso de incêndio. Devido ao procedimento de desocupação proposto (em estágios), esse foi a única forma de sistema de alarme adequado à instalação.

6.5. ELEVADORES PARA DESOCUPAÇÃO E ÁREAS DE REFÚGIO

Para a desocupação segura de um grande número de pessoas com restrições físicas, que poderiam estar nesse edifício público no momento do incêndio, um total de seis elevadores de desocupação foram instalados em vários locais. Além disso, um total de cento e vinte e nove áreas de refúgio para cadeiras de rodas foram incorporados por toda a edificação (estas pessoas seriam de difícil desocupação por meio de outros meios). Cada elevador foi instalado de acordo com a BS 5810:19794 e a BS 5655:1986 Part 15, e lobbies protegidos foram criados entre os elevadores e as acomodações gerais de todos os níveis. Geradores de energia também foram fornecidos para estes sistemas.

6.6. BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DA ENGENHARIA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

A estratégia de engenharia de segurança contra incêndio adotada nesta obra trouxe os seguintes benefícios:

1. A aplicação do enfoque de risco holístico permitiu que os problemas potenciais apresentados ainda na fase de projeto fossem convenientemente solucionados. Um pacote de medidas de segurança foi implementado, o que levou à eliminação de vários dos dos riscos identificados. A estratégia adotada atendeu a esta edificação em particular e não foi baseada em um conjunto genérico de padrões prescritivos.

2. Permitiu que a proposta de ventilação natural do átrio fosse realizada.

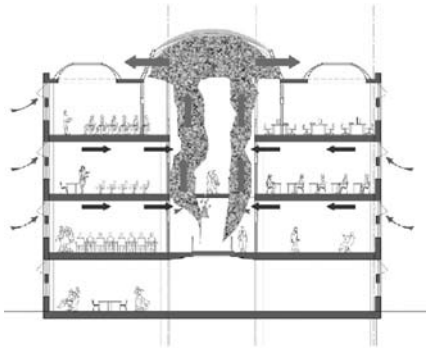


FIGURA 13: Esquema do sistema de exaustão de fumaça e calor da edificação

3. As informações técnicas disponibilizadas já nas primeiras fases do projeto auxiliaram todo o processo regulatório, reduzindo os riscos futuros assim que iam aparecendo no projeto.

4. Permitiu a relaxação do "Scottish Technical Standard", prescritivo.

5. Permitiu um balanço entre medidas de proteção ativas e passivas que não conflitam com a qualidade arquitetônica da edificação.

6. Permitiu a solução ótima de projeto, com grande economia nos gastos de proteção contra incêndio.

FIGURA 14: Área externa e passarelas de conexão com as edificações

FIGURA 15: Vista aérea da cobertura de ETFE

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BS 7974:2001. *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice.* British Standards Institution (BSI). London: UK.
- BS 5839:2002 Part 1. *Fire detection and fire alarm systems for buildings - Code of practice for system design, installation, commissioning and maintenance.* British Standards Institution (BSI). London: UK.
- BS 5839:2002 Part 8. *Fire detection and fire alarm systems for buildings - Code of practice for the design, installation, commissioning, and maintenance of voice alarm systems.* British Standards Institution (BSI). London; UK.
- BS 5810:1979. *Code of practice for access for the disabled to buildings.* British Standards Institution (BSI). London; UK.
- BS 5655:1986 Part 1. *Lifts and service lifts - Safety rules for the construction and installation of electric lifts.* British Standards Institution (BSI). London;, UK.

SUGESTÃO DE LEITURA COMPLEMENTAR

- *Introduction to the Fire Safety Engineering of Structures.* Ed. S. Lamont, The Institution of Structural Engineers. London: 2003.
- SILVA, V. P.; FAKURY, R. H.; RODRIGUES, F. C. e PANNONI, F. D. *A Real Fire in Small Apartment – a Case Study.* Fourth International Workshop Structures in Fire – SiF 06, Aveiro, contido nos Anais do evento, v.2, pp. 1023-1034 (2006).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos professores Roger Plank e Jef Robinson, da Universidade de Sheffield (Sheffield, UK) e ao Dr. Neal Butterworth, do Buro Happold FEDRA (Leeds, UK) pelas informações prestadas no exemplo do Telford College.

XXVII
FORMAÇÃO DE PROFISSIONAIS DA ÁREA DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Dr. Fabio Domingos Pannoni
Gerdau Açominas

Profª. Dra. Rosária Ono
Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo

Segurança contra incêndio é área de natureza multidisciplinar. Para que se possa compreender esse ramo da ciência e engenharia, é necessário ter conhecimentos de termodinâmica, combustão, transferência de calor, teoria das estruturas, ciência dos materiais, instalações elétricas e hidráulicas, de arquitetura, estatística, comportamento humano, etc.

Essas áreas, por si só, abrangem diferentes e vastos campos do conhecimento, assim, há, naturalmente, necessidade de divisão de tarefas.

Diferentes profissionais participam desse processo:

1. Gestor da segurança contra incêndio: profissional de nível superior com conhecimento abrangente de todas as áreas envolvidas no processo e com condições de gerenciar o projeto de segurança contra incêndio, a aplicação (instalação) do projeto na obra de forma adequada, a inspeção e a elaboração de manuais de conservação e manutenção dos equipamentos e outras exigências do projeto.

2. Especialistas: profissionais da área de engenharia ou arquitetura, com conhecimento específico de partes do projeto de segurança contra incêndio, em especial, de arquitetura, instalações e estruturas. Nessa categoria inclui-se, também, o engenheiro de segurança contra incêndio. O especialista em engenharia de segurança contra incêndio, (engenheiro, arquiteto ou profissional da área de ciências naturais como química, física ou matemática), por meio de métodos avançados de modelagem computacional do incêndio, de desocupação, dos sistemas de proteção, etc., fornece informações aos demais especialistas a fim de garantir a segurança da edificação de forma global (holística).

3. Profissionais de pesquisa e tecnologia aplicada: profissional de nível superior que desenvolve pesquisa, teórica ou aplicada, em um laboratório de segurança contra incêndio.

Os autores acreditam que o Brasil deveria fomentar a criação e o reconhecimento dessas profissões. Para tal, deve haver forte investimento na formação desses profissionais, por meio da educação formal.

Atualmente não há disciplinas regulares de graduação nas escolas de engenharia ou arquitetura, voltadas à segurança contra incêndio. Um profissional habilita-se na área com apenas sessenta horas inseridas em cursos de especialização em segurança do trabalho. Entende-se que seja necessário pelo menos trezentos e sessenta horas para iniciar a formação de um gestor da segurança contra incêndio, em cursos de especialização que abordem pelo menos os seguintes temas:

• Fundamentos da segurança contra incêndio: conceitos sobre termodinâmica, combustão, mecânica dos fluidos, transferência de calor, propagação superficial de chamas, composição e evolução de fumaças, modelagem computacional, e estatística aplicada ao incêndio.

• Aspectos técnicos do projeto arquitetônico visando à segurança contra incêndio, tais como: saídas de emergência, compartimentação, comportamento humano e planejamento urbano.

• Análise de risco de incêndio, envolvendo: identificação do perigo, avaliação e gerenciamento dos riscos e análise de conseqüências.

• Comportamento ao fogo dos elementos construtivos e dos materiais combustíveis incorporados às edificações, incluindo conceitos sobre reação e resistência ao fogo dos materiais e respectivos ensaios laboratoriais e sobre a carga incêndio.

• Segurança das estruturas de edifícios em situação de incêndio: conceito de segurança estrutural, exigências de resistência ao fogo, noções sobre o dimensionamento de elementos estruturais de concreto, aço, madeira e alvenaria estrutural e dos respectivos materiais de revestimento contra fogo.

• Aspectos legais da segurança contra Incêndio. Normatização, certificação, homologação e legislação.

• Projeto de sistemas de proteção contra incêndio: características, especificações e projeto de chuveiros automáticos, hidrantes, mangueiras, mangotinhos e extintores.

• Projeto de sistemas de detecção e alarme de incêndio: características e projeto de detectores, alarmes, sinalização e iluminação de emergência.

• Planos de ação de emergência: plano de emergência, contingência e auxílio mútuo. Procedimentos, equipamentos e equipe de emergência. Auditorias, divulgação e treinamento.

A formação dos profissionais de pesquisa e tecnologia aplicada compreende o conhecimento global dos fenômenos envolvidos em um incêndio, para o qual os itens acima citados muito ajudam, aliado à prática e pesquisas constantes.

A formação de especialistas em instalações, estruturas ou arquitetura voltada para a segurança contra incêndio deve ter o ponto de partida na graduação das universidades. As escolas devem dispor de aulas ou disciplinas voltadas para esse tema que unam o interesse social ao científico. Atualmente os especialistas são, praticamente, autodidatas.

Além da formação desses profissionais, devemos investir na constituição de um banco de dados estatísticos nacional, com base em coleta de dados e investigação das causas e conseqüências de um incêndio.

XXVIII
NORMALIZAÇÃO

Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo
GSI-NUTAU-USP

Dr. Valdir Pignatta e Silva
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

1. Introdução

A normalização em SCI visa basicamente salvar vidas e evitar perdas patrimoniais em virtude da ocorrência de incêndios. Indiretamente, a normalização mostra o estágio de desenvolvimento científico e tecnológico de uma área do conhecimento.

As normas nacionais estão especificamente listadas no capítulo "Manutenção", assim como são citadas em praticamente todas as bibliografias dos capítulos deste livro.

Neste capítulo vamos apresentar as normas internacionais que, pelo seu próprio enunciado, nos dão uma idéia dos tópicos que são de interesse para a segurança contra incêndio.

Muitos países têm uma vasta lista de normas na área de segurança contra incêndio, se fossemos listar todas necessitaríamos de um livro de mais de mil paginas.

Escolhemos listar apenas duas entidades a ISO International Standard Organization e a NFPA National Fire Protection Association.

2. ISO - International Standard Organization

ISO 13785-2:2002	Reaction-to-fire tests for façades -- Part 2: Large-scale
ISO 13784-1:2002	Reaction-to-fire tests for sandwich panel building systems -- Part 1: Test method for small rooms test
ISO/TS 14934-1:2002	Fire tests -- Calibration and use of radiometers and heat flux meters -- Part 1: General principles
ISO 13785-1:2002	Reaction-to-fire tests for façades -- Part 1: Intermediate-scale test
ISO 9239-2:2002	Reaction to fire tests for floorings -- Part 2: Determination of flame spread at a heat flux level of 25 kW/m^2
ISO 15791-1:2002	Plastics -- Development and use of intermediate-scale fire tests for plastics products -- Part 1: General guidance
ISO 13784-2:2002	Reaction-to-fire tests for sandwich panel building systems -- Part 2: Test method for large rooms
ISO 834-8:2002	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 8: Specific requirements for non-loadbearing vertical separating elements
ISO 834-9:2003	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 9: Specific requirements for non-loadbearing ceiling elements
ISO 10840:2003	Plastics -- Guidance for the use of standard fire tests
ISO 6182-10:2006	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 10: Requirements and test methods for domestic sprinklers
ISO 10497:2004	Testing of valves -- Fire type-testing requirements
ISO 19701:2005	Methods for sampling and analysis of fire effluents
ISO 19703:2005	Generation and analysis of toxic gases in fire -- Calculation of species yields, equivalence ratios and combustion efficiency in experimental fires
ISO 19921:2005	Ships and marine technology -- Fire resistance of metallic pipe components with resilient and elastomeric seals -- Test methods

ISO 19922:2005	Ships and marine technology -- Fire resistance of metallic pipe components with resilient and elastomeric seals -- Requirements imposed on the test bench
ISO 21367:2007	Plastics -- Reaction to fire -- Test method for flame spread and combustion product release from vertically oriented specimens
ISO 9094-2:2002	Small craft -- Fire protection -- Part 2: Craft with a hull length of over 15 m
ISO 9094-1:2003	Small craft -- Fire protection -- Part 1: Craft with a hull length of up to and including 15 m
ISO 10378:2005	Copper, lead and zinc sulfide concentrates -- Determination of gold and silver -- Fire assay gravimetric and flame atomic absorption spectrometric method
ISO/TS 22269:2005	Reaction to fire tests -- Fire growth -- Full-scale test for stairs and stair coverings
ISO 14934-3:2006	Fire tests -- Calibration and use of heat flux meters -- Part 3: Secondary calibration method
ISO 12468-1:2003	External exposure of roofs to fire -- Part 1: Test method
ISO 12468-2:2005	External fire exposure to roofs -- Part 2: Classification of roofs
ISO 7840:2004	Small craft -- Fire-resistant fuel hoses
ISO 3500:2005	Gas cylinders -- Seamless steel CO2 cylinders for fixed fire-fighting installations on ships
ISO 7240-4:2003	Fire detection and alarm systems -- Part 4: Power supply equipment
ISO 7240-2:2003	Fire detection and alarm systems -- Part 2: Control and indicating equipment
ISO/TR 7240-14:2003	Fire detection and alarm systems -- Part 14: Guidelines for drafting codes of practice for design, installation and use of fire detection and fire alarm systems in and around buildings
ISO 7240-5:2003	Fire detection and alarm systems -- Part 5: Point-type heat detectors
ISO 7240-7:2003	Fire detection and alarm systems -- Part 7: Point-type smoke detectors using scattered light, transmitted light or ionization
ISO 5797:2004	Ships and marine technology -- Windows and side scuttles for fire-resistant constructions
ISO/TR 22898:2006	Review of outputs for fire containment tests for buildings in the context of fire safety engineering
ISO 7240-15:2004	Fire detection and alarm systems -- Part 15: Point type fire detectors using scattered light, transmitted light or ionization sensors in combination with a heat sensor
ISO 5658-2:2006	Reaction to fire tests -- Spread of flame -- Part 2: Lateral spread on building and transport products in vertical configuration
ISO 3009:2003	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Glazed elements
ISO 14520-1:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 1: General requirements
ISO 8469:2006	Small craft -- Non-fire-resistant fuel hoses
ISO/TR 15655:2003	Fire resistance -- Tests for thermo-physical and mechanical properties of structural materials at elevated temperatures for fire engineering design
ISO/TR 12471:2004	Computational structural fire design -- Review of calculation models, fire tests for determining input material data and needs for further development
ISO 12472:2003	Fire resistance of timber door assemblies - Method of determining the efficacy of intumescent seals
ISO/TS 16732:2005	Fire Safety Engineering -- Guidance on fire risk assessment
ISO 16734:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Fire plumes
ISO/TS 16733:2006	Fire safety engineering -- Selection of design fire scenarios and design fires
ISO 16736:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Ceiling jet flows
ISO 16735:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Smoke layers
ISO 16737:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Vent flows
ISO 10294-5:2005	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 5: Intumescent fire dampers
ISO 13344:2004	Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents
ISO 16736:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Ceiling jet flows
ISO 16735:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Smoke layers
ISO 16737:2006	Fire safety engineering -- Requirements governing algebraic equations -- Vent flows

ISO 10294-5:2005	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 5: Intumescent fire dampers
ISO 13344:2004	Estimation of the lethal toxic potency of fire effluents
ISO 7240-11:2005	Fire detection and alarm systems -- Part 11: Manual call points
ISO 16936-4:2005	Glass in building -- Forced-entry security glazing -- Part 4: Test and classification by pendulum impact under thermally and fire stressed conditions
ISO/TR 15656:2003	Fire resistance -- Guidelines for evaluating the predictive capability of calculation models for structural fire behaviour
ISO 7240-6:2004	Fire detection and alarm systems -- Part 6: Carbon monoxide fire detectors using electro-chemical cells
ISO 7240-13:2005	Fire detection and alarm systems -- Part 13: Compatibility assessment of system components
ISO 19353:2005	Safety of machinery -- Fire prevention and protection
ISO/TS 14934-4:2007	Fire tests -- Calibration of heat flux meters -- Part 4: Guidance on the use of heat flux meters in fire tests
ISO 6182-2:2005	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 2: Requirements and test methods for wet alarm valves, retard chambers and water motor alarms
ISO 6182-3:2005	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 3: Requirements and test methods for dry pipe valves
ISO 6182-5:2006	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 5: Requirements and test methods for deluge valves
ISO 6182-6:2006	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 6: Requirements and test methods for check valves
ISO 6182-8:2006	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 8: Requirements and test methods for pre-action dry alarm
ISO 14520-2:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 2: CF3I extinguishant
ISO 14520-6:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 6: HCFC Blend A extinguishant
ISO 14520-8:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 8: HFC 125 extinguishant
ISO 14520-9:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 9: HFC 227ea extinguishant
ISO 14520-15:2005	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 15: IG-541 extinguishant
ISO 14520-5:2006	Gaseous fire-extinguishing systems -- Physical properties and system design -- Part 5: FK-5-1-12 extinguishant
ISO 7240-21:2005	Fire detection and alarm systems -- Part 21: Routing equipment
ISO 7240-22:2007	Fire detection and alarm systems -- Part 22: Smoke-detection equipment for ducts
ISO 23935:2006	Aircraft -- Environmental test procedures for airborne fluid system components -- Resistance to fire in designated fire zones
ISO 7240-10:2007	Fire detection and alarm systems -- Part 10: Point-type flame detectors
ISO 14697:2007	Reaction-to-fire tests -- Guidance on the choice of substrates for building and transport products
ISO 16312-1:2006	Guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment -- Part 1: Criteria
ISO 7240-1:2005	Fire detection and alarm systems -- Part 1: General and definitions
ISO 7240-12:2006	Fire detection and alarm systems -- Part 12: Line type smoke detectors using a transmitted optical beam
ISO/TS 7240-9:2006	Fire detection and alarm systems -- Part 9: Test fires for fire detectors
ISO 13571:2007	Life-threatening components of fire -- Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data
ISO/TR 16312-2:2007	Guidance for assessing the validity of physical fire models for obtaining fire effluent toxicity data for fire hazard and risk assessment -- Part 2: Evaluation of individual physical fire
ISO 19706:2007	Guidelines for assessing the fire threat to people

ISO/TS 19700:2007	Controlled equivalence ratio method for the determination of hazardous components of fire effluents
ISO/TS 17431:2006	Fire tests-- Reduced-scale model box test
ISO 10295-1:2007	Fire tests for building elements and components -- Fire testing of service installations -- Part 1: Penetration seals
ISO 7240-8:2007	Fire detection and alarm systems -- Part 8: Carbon monoxide fire detectors using an electro-chemical cell in combination with a heat sensor
ISO/TR 11925-1:1999	Reaction to fire tests -- Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame -- Part 1: Guidance on ignitability
ISO/TR 12470:1998	Fire-resistance tests -- Guidance on the application and extension of results
ISO 834-1:1999	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 1: General requirements
ISO 12740:1998	Lead sulfide concentrates -- Determination of silver and gold contents -- Fire assay and flame atomic absorption spectrometric method using scorification or cupellation
ISO 1021:1980	Aircraft -- Engine nacelle fire extinguisher apertures and
ISO/TR 1896:1991	Products in fibre-reinforced cement -- Non-combustible fibre-reinforced boards of calcium silicate or cement for insulation and fire protection
ISO 1967:1974	Aircraft -- Fire-resisting electrical cables -- Dimensions, conductor resistance and mass
ISO 2155:1974	Aircraft -- Fire-resisting electrical cables -- Performance requirements
ISO 2156:1974	Aircraft -- Fire-resisting electrical cables -- Methods of test
ISO/TR 3814:1989	Tests for measuring “reaction-to-fire” of building materials -- Their development and application
ISO 3935:1977	Shipbuilding -- Inland navigation -- Fire-fighting water system -- Pressures
ISO/TR 3956:1975	Principles of structural fire-engineering design with special regard to the connection between real fire exposure and the heating conditions of the standard fire-resistance test (ISO 834)
ISO 4642:1978	Rubber products -- Hoses, non-collapsible, for fire-fighting service
ISO 4736:1979	Fire tests -- Small chimneys -- Testing at elevated temperatures
ISO 5923:1989	Fire protection -- Fire extinguishing media -- Carbon dioxide
ISO/TR 5924:1989	Fire tests -- Reaction to fire -- Smoke generated by building products (dual-chamber test)
ISO/TR 5987:1984	Inland navigation -- Water fire-fighting system -- Couplings of fire hoses -- General technical requirements
ISO/TR 6167:1984	Fire-resistance tests -- Contribution made by suspended ceilings to the protection of steel beams in floor and roof assemblies
ISO 6182-4:1993	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 4: Requirements and test methods for quick-opening devices
ISO 6183:1990	Fire protection equipment -- Carbon dioxide extinguishing systems for use on premises -- Design and installation
ISO 6309:1987	Fire protection -- Safety signs
ISO 6790:1986	Equipment for fire protection and fire fighting -- Graphical symbols for fire protection plans -- Specification
ISO 6826:1997	Reciprocating internal combustion engines -- Fire protection
ISO 6944:1985	Fire resistance tests -- Ventilation ducts
ISO 7165:1999	Fire fighting -- Portable fire extinguishers -- Performance and construction
ISO 7201-1:1989	Fire protection -- Fire extinguishing media -- Halogenated hydrocarbons -- Part 1: Specifications for halon 1211 and halon 1301
ISO 7201-2:1991	Fire extinguishing media -- Halogenated hydrocarbons -- Part 2: Code of practice for safe handling and transfer procedures of halon 1211 and halon
ISO 7202:1987	Fire protection -- Fire extinguishing media -- Powder
ISO 7203-2:1995	Fire extinguishing media -- Foam concentrates -- Part 2: Specification for medium and high expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids
ISO 7203-1:1995	Fire extinguishing media -- Foam concentrates -- Part 1: Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids

ISO/TR 7248:1985	Fire data -- Collection and presentation system
ISO 7745:1989	Hydraulic fluid power -- Fire-resistant (FR) fluids -- Guidelines for use
ISO 8421-1:1987	Fire protection -- Vocabulary -- Part 1: General terms and phenomena of fire
ISO 8421-2:1987	Fire protection -- Vocabulary -- Part 2: Structural fire protection
ISO 8421-3:1989	Fire protection -- Vocabulary -- Part 3: Fire detection and alarm
ISO 8421-5:1988	Fire protection -- Vocabulary -- Part 5: Smoke control
ISO 8421-4:1990	Fire protection -- Vocabulary -- Part 4: Fire extinction equipment
ISO 8421-6:1987	Fire protection -- Vocabulary -- Part 6: Evacuation and means of escape
ISO 8421-7:1987	Fire protection -- Vocabulary -- Part 7: Explosion detection and suppression means
ISO 8421-8:1990	Fire protection -- Vocabulary -- Part 8: Terms specific to fire-fighting, rescue services and handling hazardous materials
ISO/TR 9240:1992	Textiles -- Design of apparel for reduced fire hazard
ISO 9467:1993	Forestry machinery -- Portable chain-saws and brush-cutters -- Exhaust system-caused fire risk
ISO 9705:1993	Fire tests -- Full-scale room test for surface products
ISO/TR 10158:1991	Principles and rationale underlying calculation methods in relation to fire resistance of structural elements
ISO 10294-2:1999	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 2: Classification, criteria and field of application of test results
ISO 10294-3:1999	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 3: Guidance on the test method
ISO 10294-1:1996	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 1: Test method
ISO 11601:1999	Wheeled fire extinguishers -- Performance and construction
ISO 11602-1:2000	Fire protection -- Portable and wheeled fire extinguishers -- Part 1: Selection and installation
ISO 11907-2:1995	Plastics -- Smoke generation -- Determination of the corrosivity of fire effluents -- Part 2: Static method
ISO 11907-3:1998	Plastics -- Smoke generation -- Determination of the corrosivity of fire effluents -- Part 3: Dynamic decomposition method using a travelling furnace
ISO 7203-3:1999	Fire extinguishing media -- Foam concentrates -- Part 3: Specification for low expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids
ISO 11925-3:1997	Reaction to fire tests -- Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame -- Part 3: Multi-source test
ISO/TR 834-3:1994	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 3: Commentary on test method and test data application
ISO 834-4:2000	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 4: Specific requirements for load-bearing vertical separating elements
ISO/TR 13387-2:1999	Fire safety engineering -- Part 2: Design fire scenarios and design fires
ISO/TR 13387-3:1999	Fire safety engineering -- Part 3: Assessment and verification of mathematical fire models
ISO/TR 13387-5:1999	Fire safety engineering -- Part 5: Movement of fire effluents
ISO/TR 13387-1:1999	Fire safety engineering -- Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives
ISO/TR 13387-4:1999	Fire safety engineering -- Part 4: Initiation and development of fire and generation of fire effluents
ISO/TR 13387-6:1999	Fire safety engineering -- Part 6: Structural response and fire spread beyond the enclosure of origin
ISO/TR 13387-7:1999	Fire safety engineering -- Part 7: Detection, activation and suppression
ISO/TR 13387-8:1999	Fire safety engineering -- Part 8: Life safety -- Occupant behaviour, location and condition
ISO 2592:2000	Determination of flash and fire points -- Cleveland open cup method
ISO 5657:1997	Reaction to fire tests -- Ignitability of building products using a radiant heat source
ISO 11907-1:1998	Plastics -- Smoke generation -- Determination of the corrosivity of fire effluents -- Part 1: Guidance

ISO 13943:2000	Fire safety – Vocabulary
ISO 2685:1998	Aircraft -- Environmental test procedure for airborne equipment -- Resistance to fire in designated fire zones
ISO/TR 14696:1999	Reaction to fire tests -- Determination of fire parameters of materials, products and assemblies using an intermediate-scale heat release calorimeter (ICAL)
ISO 11907-4:1998	Plastics -- Smoke generation -- Determination of the corrosivity of fire effluents -- Part 4: Dynamic decomposition method using a conical radiant heater
ISO 1716:2002	Reaction to fire tests for building products -- Determination of the heat of combustion
ISO 5658-4:2001	Reaction to fire tests -- Spread of flame -- Part 4: Intermediate-scale test of vertical spread of flame with vertically oriented specimen
ISO/TR 9705-2:2001	Reaction-to-fire tests -- Full-scale room tests for surface products -- Part 2: Technical background and guidance
ISO/TR 11696-2:1999	Uses of reaction to fire test results -- Part 2: Fire hazard assessment of construction products
ISO 10093:1998	Plastics -- Fire tests -- Standard ignition sources
ISO 3917:1999	Road vehicles -- Safety glazing materials -- Test methods for resistance to radiation, high temperature, humidity, fire and simulated weathering
ISO 10156:1996	Gases and gas mixtures -- Determination of fire potential and oxidizing ability for the selection of cylinder valve outlets
ISO 9239-1:2002	Reaction to fire tests for floorings -- Part 1: Determination of the burning behaviour using a radiant heat source
ISO 14935:1998	Petroleum and related products -- Determination of wick flame persistence of fire-resistant fluids
ISO 15029-1:1999	Petroleum and related products -- Determination of spray ignition characteristics of fire-resistant fluids -- Part 1: Spray flame persistence -- Hollow-cone nozzle method
IEC 60695-11-20:1999	Fire hazard testing -- Part 11-20: Test flames -- 500 W flame test methods
IEC 60695-11-10:1999	Fire hazard testing -- Part 11-10: Test flames -- 50 W horizontal and vertical flame test methods
ISO 6942:2002	Protective clothing -- Protection against heat and fire -- Method of test: Evaluation of materials and material assemblies when exposed to a source of radiant heat
ISO 11426:1997	Determination of gold in gold jewellery alloys -- Cupellation method (fire assay)
ISO 15371:2000	Ships and marine technology -- Fire-extinguishing systems for protection of galley deep-fat cooking equipment -- Fire tests
ISO 15248:1998	Zinc sulfide concentrates -- Determination of silver and gold contents -- Fire assay and flame atomic absorption spectrometric method using scorification or cupellation
ISO 1182:2002	Reaction to fire tests for building products -- Non-combustibility test
ISO 15540:1999	Ships and marine technology -- Fire resistance of hose assemblies -- Test methods
ISO 15541:1999	Ships and marine technology -- Fire resistance of hose assemblies -- Requirements for the test bench
ISO 6182-7:2004	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 7: Requirements and test methods for early suppression fast response (ESFR) sprinklers
ISO 10294-4:2001	Fire resistance tests -- Fire dampers for air distribution systems -- Part 4: Test of thermal release mechanism
ISO 834-5:2000	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 5: Specific requirements for load-bearing horizontal separating elements
ISO 834-6:2000	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 6: Specific requirements for beams
ISO 834-7:2000	Fire-resistance tests -- Elements of building construction -- Part 7: Specific requirements for columns
ISO 11925-2:2002	Reaction to fire tests -- Ignitability of building products subjected to direct impingement of flame -- Part 2: Single-flame source test
ISO 17631:2002	Ships and marine technology -- Shipboard plans for fire protection, life-saving appliances and means of escape

ISO 11602-2:2000	Fire protection -- Portable and wheeled fire extinguishers -- Part 2: Inspection and maintenance
ISO 6182-11:2003	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 11: Requirements and test methods for pipe hangers
ISO/TR 11696-1:1999	Uses of reaction to fire test results -- Part 1: Application of test results to predict fire performance of internal linings and other building products
ISO 5660-2:2002	Reaction-to-fire tests -- Heat release, smoke production and mass loss rate -- Part 2: Smoke production rate (dynamic measurement)
ISO 19702:2006	Toxicity testing of fire effluents -- Guidance for analysis of gases and vapours in fire effluents using FTIR gas analysis
ISO 20783-1:2003	Petroleum and related products -- Determination of emulsion stability of fire-resistant fluids -- Part 1: Fluids in category HFAE
ISO 20783- 2:2003	Petroleum and related products -- Determination of emulsion stability of fire-resistant fluids -- Part 2: Fluids in category HFB
ISO 20843:2003	Petroleum and related products -- Determination of pH of fire-resistant fluids within categories HFAE, HFAS and HFC
ISO 7165:1999/Amd 1:2004	Class F
ISO 14934-2:2006	Fire tests -- Calibration and use of heat flux meters -- Part 2: Primary calibration methods
ISO 17554:2005	Reaction to fire tests -- Mass loss measurement
ISO 9051:2001	Glass in building -- Fire-resistant glazed assemblies containing transparent or translucent glass, for use in building
ISO 5925-1:2007	Fire tests -- Smoke-control door and shutter assemblies -- Part 1: Ambient- and medium-temperature leakage tests
ISO 5660-1:2002	Reaction-to-fire tests -- Heat release, smoke production and mass loss rate -- Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method)
ISO 4404-1:2001	Petroleum and related products -- Determination of the corrosion resistance of fire-resistant hydraulic fluids -- Part 1: Water-containing fluids
ISO/TS 20885:2003	Gaseous media fire-extinguishing systems -- Area coverage fire test procedure -- Engineered and pre-engineered extinguishing units
ISO 4404-2:2003	Petroleum and related products -- Determination of the corrosion resistance of fire-resistant hydraulic fluids -- Part 2: Non-aqueous fluids
ISO 12239:2003	Fire detection and fire alarm systems -- Smoke alarms
ISO/TS 5658-1:2006	Reaction to fire tests -- Spread of flame -- Part 1: Guidance on flame spread
ISO 14557:2002	Fire-fighting hoses -- Rubber and plastics suction hoses and hose assemblies
ISO/TR 5660-3:2003	Reaction-to-fire tests -- Heat release, smoke production and mass loss rate -- Part 3: Guidance on measurement
ISO 6182-1:2004	Fire protection -- Automatic sprinkler systems -- Part 1: Requirements and test methods for sprinklers
ISO/TR 5925-2:2006	Fire tests -- Smoke-control door and shutter assemblies -- Part 2: Commentary on test method and the applicability of test conditions and the use of test data in a smoke containment strategy
ISO 6182-9:2005	Fire protection -- Automatic sprinkler system -- Part 9: Requirements and test methods for water mist nozzles
ISO 7240-16:2007	Fire detection and alarm systems -- Part 16: Sound system control and indicating equipment
ISO 3008:2007	Fire-resistance tests -- Door and shutter assemblies
ISO 7240-19:2007	Fire detection and alarm systems -- Part 19: Design, installation, commissioning and service of sound systems for emergency purposes
ISO 13357-1:2002	Petroleum products -- Determination of the filterability of lubricating oils -- Part 1: Procedure for oils in the presence of water
ISO 3864-1:2002	Graphical symbols -- Safety colours and safety signs -- Part 1: Design principles for safety signs in workplaces and public areas

ISO 6743-3:2003	Lubricants, industrial oils and related products (class L) -- Classification -- Part 3: Family D (Compressors)
ISO 15384:2003	Protective clothing for firefighters -- Laboratory test methods and performance requirements for wildland firefighting clothing
ISO 9038:2002	Test for sustained combustibility of liquids
ISO 16368:2003	Mobile elevating work platforms -- Design calculations, safety requirements and test methods
ISO 17492:2003	Clothing for protection against heat and flame -- Determination of heat transmission on exposure to both flame and radiant heat
ISO 16147:2002	Small craft -- Inboard diesel engines -- Engine-mounted fuel and electrical components
ISO 7010:2003	Graphical symbols -- Safety colours and safety signs -- Safety signs used in workplaces and public areas
ISO 5659-2:2006	Plastics -- Smoke generation -- Part 2: Determination of optical density by a single-chamber test
ISO 12649:2004	Graphic technology -- Safety requirements for binding and finishing systems and equipment
ISO 18934:2006	Imaging materials -- Multiple media archives -- Storage environment
ISO 11990:2003	Optics and optical instruments -- Lasers and laser-related equipment -- Determination of laser resistance of tracheal tube shafts
ISO 14692-3:2002	Petroleum and natural gas industries -- Glass-reinforced plastics (GRP) piping -- Part 3: System design
ISO 20763:2004	Petroleum and related products -- Determination of anti-wear properties of hydraulic fluids -- Vane pump method
ISO 20823:2003	Petroleum and related products -- Determination of the flammability characteristics of fluids in contact with hot surfaces -- Manifold ignition test
ISO 4263-2:2003	Petroleum and related products -- Determination of the ageing behaviour of inhibited oils and fluids -- TOST test -- Part 2: Procedure for category HFC hydraulic fluids
ISO 20844:2004	Petroleum and related products -- Determination of the shear stability of polymer-containing oils using a diesel injector nozzle
ISO 22846-1:2003	Personal equipment for protection against falls -- Rope access systems -- Part 1: Fundamental principles for a system of work
ISO 10297:2006	Transportable gas cylinders -- Cylinder valves -- Specification and type testing
ISO/TS 22559-1:2004	Safety requirements for lifts (elevators) -- Part 1: Global essential safety requirements (GESRs)
ISO 21013-3:2006	Cryogenic vessels -- Pressure-relief accessories for cryogenic service – Part 3: Sizing and capacity determination
ISO 4263-3:2006	Petroleum and related products -- Determination of the ageing behaviour of inhibited oils and fluids -- TOST test -- Part 3: Anhydrous procedure for synthetic hydraulic fluids
ISO 2635:2003	Aircraft -- Conductors for general purpose aircraft electrical cables and aerospace applications -- Dimensions and characteristics
ISO 11810-2:2007	Lasers and laser-related equipment -- Test method and classification for the laser-resistance of surgical drapes and/or patient-protective covers -- Part 2: Secondary ignition
ISO 11810-1:2005	Lasers and laser-related equipment -- Test method and classification for the laser resistance of surgical drapes and/or patient protective covers -- Part 1: Primary ignition and penetration
ISO 4586-1:2004	High-pressure decorative laminates -- Sheets made from thermosetting resins -- Part 1: Classification and specifications
ISO 14644-7:2004	Cleanrooms and associated controlled environments -- Part 7: Separative devices (clean air hoods, gloveboxes, isolators and mini-environments)
ISO 8029:2007	Plastics hose -- General-purpose collapsible water hose, textile-reinforced – Specification
ISO 13985:2006	Liquid hydrogen -- Land vehicle fuel tanks
ISO 8068:2006	Lubricants, industrial oils and related products (class L) -- Family T (Turbines) -- Specification for lubricating oils for turbines
ISO 15996:2005	Gas cylinders -- Residual pressure valves -- General requirements and type testing
ISO 871:2006	Plastics -- Determination of ignition temperature using a hot-air furnace
ISO 16840-2:2007	Wheelchair seating -- Part 2: Determination of physical and mechanical characteristics of devices intended to manage tissue integrity -- Seat cushions

ISO 15236-3:2007	Steel cord conveyor belts -- Part 3: Special safety requirements for belts for use in underground installations
ISO 12643-1:2007	Graphic technology -- Safety requirements for graphic technology equipment and systems -- Part 1: General requirements
ISO 13357-2:2005	Petroleum products -- Determination of the filterability of lubricating oils -- Part 2: Procedure for dry oils
ISO 8124-2:2007	Safety of toys -- Part 2: Flammability
ISO 18933:2006	Imaging materials -- Magnetic tape -- Care and handling practices for extended usage
ISO 3994:2007	Plastics hoses -- Helical-thermoplastic-reinforced thermoplastics hoses for suction and discharge of aqueous materials -- Specification
ISO 3941:2007	Classification of fires

3. NFPA - National Fire Protection Association

NFPA 1	Uniform Fire Code™
NFPA 2	Hydrogen Technologies Code
NFPA 10	Standard for Portable Fire Extinguishers
NFPA 11	Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
NFPA 12	Standard on Carbon Dioxide Extinguishing Systems
NFPA 12A	Standard on Halon 1301 Fire Extinguishing Systems
NFPA 13	Standard for the Installation of Sprinkler Systems
NFPA 13D	Standard for the Installation of Sprinkler Systems in One- and Two-Family Dwellings and Manufactured Homes
NFPA 13E	Recommended Practice for Fire Department Operations in Properties Protected by Sprinkler and Standpipe Systems
NFPA 13R	Standard for the Installation of Sprinkler Systems in Residential Occupancies up to and Including Four Stories in Height
NFPA 14	Standard for the Installation of Standpipes and Hose Systems
NFPA 15	Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
NFPA 16	Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems
NFPA 17	Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems
NFPA 17A	Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems
NFPA 18	Standard on Wetting Agents
NFPA 18A	Standard on Water Additives for Fire Control and Vapor Mitigation
NFPA 20	Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection
NFPA 22	Standard for Water Tanks for Private Fire Protection
NFPA 24	Standard for the Installation of Private Fire Service Mains and Their Appurtenances
NFPA 25	Standard for the Inspection, Testing, and Maintenance of Water-Based Fire Protection Systems
NFPA 30	Flammable and Combustible Liquids Code
NFPA 30A	Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages
NFPA 30B	Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products
NFPA 31	Standard for the Installation of Oil-Burning Equipment
NFPA 32	Standard for Drycleaning Plants
NFPA 33	Standard for Spray Application Using Flammable or Combustible Materials
NFPA 34	Standard for Dipping and Coating Processes Using Flammable or Combustible Liquids

NFPA 35	Standard for the Manufacture of Organic Coatings
NFPA 36	Standard for Solvent Extraction Plants
NFPA 37	Standard for the Installation and Use of Stationary Combustion Engines and Gas Turbines
NFPA 40	Standard for the Storage and Handling of Cellulose Nitrate Film
NFPA 42	Code for the Storage of Pyroxylin Plastic
NFPA 45	Standard on Fire Protection for Laboratories Using Chemicals
NFPA 51	Standard for the Design and Installation of Oxygen-Fuel Gas Systems for Welding, Cutting, and Allied Processes
NFPA 51A	Standard for Acetylene Cylinder Charging Plants
NFPA 51B	Standard for Fire Prevention During Welding, Cutting, and Other Hot Work
NFPA 52	Vehicular Fuel Systems Code
NFPA 53	Recommended Practice on Materials, Equipment and Systems Used in Oxygen-Enriched Atmospheres
NFPA 54	National Fuel Gas Code
NFPA 55	Standard for the Storage, Use, and Handling of Compressed Gases and Cryogenic Fluids in Portable and Stationary Containers, Cylinders, and Tanks
NFPA 58	Liquefied Petroleum Gas Code
NFPA 59	Utility LP-Gas Plant Code
NFPA 59A	Standard for the Production, Storage, and Handling of Liquefied Natural Gas (LNG)
NFPA 61	Standard for the Prevention of Fires and Dust Explosions in Agricultural and Food Processing Facilities
NFPA 68	Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting
NFPA 69	Standard on Explosion Prevention Systems
NFPA 70	National Electrical Code®
NFPA 70A	National Electrical Code® Requirements for One- and Two-Family Dwellings
NFPA 70B	Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance
NFPA 70E	Standard for Electrical Safety in the Workplace
NFPA 72	National Fire Alarm Code®
NFPA 73	Electrical Inspection Code for Existing Dwellings
NFPA 75	Standard for the Protection of Information Technology Equipment
NFPA 76	Standard for the Fire Protection of Telecommunications Facilities
NFPA 77	Recommended Practice on Static Electricity
NFPA 79	Electrical Standard for Industrial Machinery
NFPA 80	Standard for Fire Doors and Other Opening Protectives
NFPA 80A	Recommended Practice for Protection of Buildings from Exterior Fire Exposures
NFPA 82	Standard on Incinerators and Waste and Linen Handling Systems and Equipment
NFPA 85	Boiler and Combustion Systems Hazards Code
NFPA 86	Standard for Ovens and Furnaces
NFPA 87	Recommended Practice for Fluid Heaters
NFPA 88A	Standard for Parking Structures
NFPA 90A	Standard for the Installation of Air-Conditioning and Ventilating Systems
NFPA 90B	Standard for the Installation of Warm Air Heating and Air-Conditioning Systems
NFPA 91	Standard for Exhaust Systems for Air Conveying of Vapors, Gases, Mists, and Noncombustible Particulate Solids
NFPA 92A	Standard for Smoke-Control Systems Utilizing Barriers and Pressure Differences
NFPA 92B	Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces

NFPA 96	Standard for Ventilation Control and Fire Protection of Commercial Cooking Operations
NFPA 99	Standard for Health Care Facilities
NFPA 99B	Standard for Hypobaric Facilities
NFPA 99C	Standard on Gas and Vacuum Systems
NFPA 101	Life Safety Code®
NFPA 101A	Guide on Alternative Approaches to Life Safety
NFPA 102	Standard for Grandstands, Folding and Telescopic Seating, Tents, and Membrane Structures
NFPA 105	Standard for the Installation of Smoke Door Assemblies and Other Opening Protectives
NFPA 110	Standard for Emergency and Standby Power Systems
NFPA 111	Standard on Stored Electrical Energy Emergency and Standby Power Systems
NFPA 115	Standard for Laser Fire Protection
NFPA 120	Standard for Fire Prevention and Control in Coal Mines
NFPA 122	Standard for Fire Prevention and Control in Metal/Nonmetal Mining and Metal Mineral Processing Facilities
NFPA 130	Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems
NFPA 140	Standard on Motion Picture and Television Production Studio Soundstages and Approved Production Facilities
NFPA 150	Standard on Fire and Life Safety in Animal Housing Facilities
NFPA 160	Standard for the Use of Flame Effects Before an Audience
NFPA 170	Standard for Fire Safety and Emergency Symbols
NFPA 204	Standard for Smoke and Heat Venting
NFPA 211	Standard for Chimneys, Fireplaces, Vents, and Solid Fuel-Burning Appliances
NFPA 214	Standard on Water-Cooling Towers
NFPA 220	Standard on Types of Building Construction
NFPA 221	Standard for High Challenge Fire Walls, Fire Walls, and Fire Barrier Walls
NFPA 225	Model Manufactured Home Installation Standard
NFPA 232	Standard for the Protection of Records
NFPA 241	Standard for Safeguarding Construction, Alteration, and Demolition Operations
NFPA 251	Standard Methods of Tests of Fire Resistance of Building Construction and Material
NFPA 252	Standard Methods of Fire Tests of Door Assemblies
NFPA 253	Standard Method of Test for Critical Radiant Flux of Floor Covering Systems Using a Radiant Heat Energy Source
NFPA 255	Standard Method of Test of Surface Burning Characteristics of Building Materials
NFPA 256	Standard Methods of Fire Tests of Roof Coverings
NFPA 257	Standard on Fire Test for Window and Glass Block Assemblies
NFPA 259	Standard Test Method for Potential Heat of Building Materials
NFPA 260	Standard Methods of Tests and Classification System for Cigarette Ignition Resistance of Components of Upholstered Furniture
NFPA 261	Standard Method of Test for Determining Resistance of Mock-Up Upholstered Furniture Material Assemblies to Ignition by Smoldering Cigarettes
NFPA 262	Standard Method of Test for Flame Travel and Smoke of Wires and Cables for Use in Air-Handling Spaces
NFPA 265	Standard Methods of Fire Tests for Evaluating Room Fire Growth Contribution of Textile Coverings on Full Height Panels and Walls
NFPA 268	Standard Test Method for Determining Ignitibility of Exterior Wall Assemblies Using a Radiant Heat Energy Source

NFPA 269	Standard Test Method for Developing Toxic Potency Data for Use in Fire Hazard Modeling
NFPA 270	Standard Test Method for Measurement of Smoke Obscuration Using a Conical Radiant Source in a Single Closed Chamber
NFPA 271	Standard Method of Test for Heat and Visible Smoke Release Rates for Materials and Products Using an Oxygen Consumption Calorimeter
NFPA 273	Standard Method of Test for Determining the Degrees of Combustibility of Building Materials
NFPA 274	Standard Test Method to Evaluate Fire Performance Characteristics of Pipe Insulation
NFPA 275	Standard Method of Tests for the Evaluation of Thermal Barriers Used Over Foam Plastic
NFPA 284	Standard Test Method for Mattresses for Correctional Occupancies
NFPA 285	Standard Method of Test for the Evaluation of Fire Propagation Characteristics of Exterior Non-Load Bearing Wall Assemblies Containing Combustible Components
NFPA 286	Standard Methods of Fire Tests for Evaluating Contribution of Wall and Ceiling Interior Finish to Room Fire Growth
NFPA 287	Standard Test Methods for Measurement of Flammability of Materials in Cleanrooms Using a Fire Propagation Apparatus (FPA)
NFPA 288	Standard Method of Fire Tests of Floor Fire Door Assemblies Installed Horizontally in Fire Resistance Rated Floor Systems
NFPA 289	Standard Method of Fire Test for Room Fire Growth Contribution of Individual Fuel Packages
NFPA 290	Standard for Fire Testing of Passive Protection Materials for Use on LP-Gas Containers
NFPA 291	Recommended Practice for Fire Flow Testing and Marking of Hydrants
NFPA 301	Code for Safety to Life from Fire on Merchant Vessels
NFPA 302	Fire Protection Standard for Pleasure and Commercial Motor Craft
NFPA 303	Fire Protection Standard for Marinas and Boatyards
NFPA 306	Standard for the Control of Gas Hazards on Vessels
NFPA 307	Standard for the Construction and Fire Protection of Marine Terminals, Piers, and Wharves
NFPA 312	Standard for Fire Protection of Vessels During Construction, Conversion, Repair and, Lay-Up
NFPA 318	Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities
NFPA 326	Standard for the Safeguarding of Tanks and Containers for Entry, Cleaning, or Repair
NFPA 329	Recommended Practice for Handling Releases of Flammable and Combustible Liquids and Gases
NFPA 385	Standard for Tank Vehicles for Flammable and Combustible Liquids
NFPA 400	Hazardous Materials Code
NFPA 402	Guide for Aircraft Rescue and Fire Fighting Operations
NFPA 403	Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Services at Airports
NFPA 405	Standard for the Recurring Proficiency of Airport Fire Fighters
NFPA 407	Standard for Aircraft Fuel Servicing
NFPA 408	Standard for Aircraft Hand Portable Fire Extinguishers
NFPA 409	Standard on Aircraft Hangars
NFPA 410	Standard on Aircraft Maintenance
NFPA 412	Standard for Evaluating Aircraft Rescue and Fire-Fighting Foam Equipment
NFPA 414	Standard for Aircraft Rescue and Fire-Fighting Vehicles
NFPA 415	Standard on Airport Terminal Buildings, Fueling Ramp Drainage, and Loading Walkways
NFPA 418	Standard for Heliports
NFPA 422	Guide for Aircraft Accident/Incident Response Assessment
NFPA 423	Standard for Construction and Protection of Aircraft Engine Test Facilities
NFPA 424	Guide for Airport/Community Emergency Planning
NFPA 430	Code for the Storage of Liquid and Solid Oxidizers

NFPA 432	Code for the Storage of Organic Peroxide Formulations
NFPA 434	Code for the Storage of Pesticides
NFPA 450	Guide for Emergency Medical Services and Systems
NFPA 472	Standard for Competence of Responders to Hazardous Materials/Weapons of Mass Destruction Incidents
NFPA 473	Standard for Competencies for EMS Personnel Responding to Hazardous Materials/WMD Incidents
NFPA 484	Standard for Combustible Metals
NFPA 490	Code for the Storage of Ammonium Nitrate
NFPA 495	Explosive Materials Code
NFPA 496	Standard for Purged and Pressurized Enclosures for Electrical Equipment
NFPA 497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
NFPA 498	Standard for Safe Havens and Interchange Lots for Vehicles Transporting Explosives
NFPA 499	Recommended Practice for the Classification of Combustible Dusts and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
NFPA 501	Standard on Manufactured Housing
NFPA 501A	Standard for Fire Safety Criteria for Manufactured Home Installations, Sites, and Communities
NFPA 502	Standard for Road Tunnels, Bridges, and Other Limited Access Highways
NFPA 505	Fire Safety Standard for Powered Industrial Trucks Including Type Designations, Areas of Use, Conversions, Maintenance, and Operations
NFPA 520	Standard on Subterranean Spaces
NFPA 550	Guide to the Fire Safety Concepts Tree
NFPA 551	Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments
NFPA 555	Guide on Methods for Evaluating Potential for Room Flashover
NFPA 556	Guide for Identification and Development of Mitigation Strategies for Fire Hazard to Occupants of Passenger Road Vehicles
NFPA 557	Standard for Fire Loads for Engineering Design of Structural Fire Resistance in Buildings
NFPA 560	Standard for the Storage, Handling, and Use of Ethylene Oxide for Sterilization and Fumigation
NFPA 600	Standard on Industrial Fire Brigades
NFPA 601	Standard for Security Services in Fire Loss Prevention
NFPA 610	Guide for Emergency and Safety Operations at Motorsports Venues
NFPA 654	Standard for the Prevention of Fire and Dust Explosions from the Manufacturing, Processing, and Handling of Combustible Particulate Solids
NFPA 655	Standard for Prevention of Sulfur Fires and Explosions
NFPA 664	Standard for the Prevention of Fires and Explosions in Wood Processing and Woodworking Facilities
NFPA 701	Standard Methods of Fire Tests for Flame Propagation of Textiles and Films
NFPA 703	Standard for Fire-Retardant Treated Wood and Fire-Retardant Coatings for Building Materials
NFPA 704	Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response
NFPA 705	Recommended Practice for a Field Flame Test for Textiles and Films
NFPA 720	Standard for the Installation of Carbon Monoxide (CO) Warning Equipment in Dwelling Units
NFPA 730	Guide for Premises Security
NFPA 731	Standard for the Installation of Electronic Premises Security Systems
NFPA 750	Standard on Water Mist Fire Protection Systems
NFPA 780	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
NFPA 801	Standard for Fire Protection for Facilities Handling Radioactive Materials
NFPA 804	Standard for Fire Protection for Advanced Light Water Reactor Electric Generating Plants

NFPA 805	Performance-Based Standard for Fire Protection for Light Water Reactor Electric Generating Plants
NFPA 806	Performance Based Standard for Fire Protection for Advanced Nuclear Reactor Electric Generating Plants
NFPA 820	Standard for Fire Protection in Wastewater Treatment and Collection Facilities
NFPA 850	Recommended Practice for Fire Protection for Electric Generating Plants and High Voltage Direct Current Converter Stations
NFPA 851	Recommended Practice for Fire Protection for Hydroelectric Generating Plants
NFPA 853	Standard for the Installation of Stationary Fuel Cell Power Systems
NFPA 900	Building Energy Code
NFPA 901	Standard Classifications for Incident Reporting and Fire Protection Data
NFPA 909	Code for the Protection of Cultural Resources Properties - Museums, Libraries, and Places of Worship
NFPA 914	Code for Fire Protection of Historic Structures
NFPA 921	Guide for Fire and Explosion Investigations
NFPA 1000	Standard for Fire Service Professional Qualifications Accreditation and Certification Systems
NFPA 1001	Standard for Fire Fighter Professional Qualifications
NFPA 1002	Standard for Fire Apparatus Driver/Operator Professional Qualifications
NFPA 1003	Standard for Airport Fire Fighter Professional Qualifications
NFPA 1005	Standard on Professional Qualifications for Marine Fire Fighting for Land-Based Fire Fighters
NFPA 1006	Standard for Rescue Technician Professional Qualifications
NFPA 1021	Standard for Fire Officer Professional Qualifications
NFPA 1026	Standard for Incident Management Personnel Professional Qualifications
NFPA 1031	Standard for Professional Qualifications for Fire Inspector and Plan Examiner
NFPA 1033	Standard for Professional Qualifications for Fire Investigator
NFPA 1035	Standard for Professional Qualifications for Public Fire and Life Safety Educator
NFPA 1037	Standard for Professional Qualifications for Fire Marshals
NFPA 1041	Standard for Fire Service Instructor Professional Qualifications
NFPA 1051	Standard for Wildland Fire Fighter Professional Qualifications
NFPA 1061	Standard for Professional Qualifications for Public Safety Telecommunicator
NFPA 1071	Standard for Emergency Vehicle Technician Professional Qualifications
NFPA 1081	Standard for Industrial Fire Brigade Member Professional Qualifications
NFPA 1122	Code for Model Rocketry
NFPA 1123	Code for Fireworks Display
NFPA 1124	Code for the Manufacture, Transportation, Storage, and Retail Sale of Fireworks and Pyrotechnic Articles
NFPA 1125	Code for the Manufacture of Model Rocket and High Power Rocket Motors
NFPA 1126	Standard for the Use of Pyrotechnics Before a Proximate Audience
NFPA 1127	Code for High Power Rocketry
NFPA 1141	Standard for Fire Protection Infrastructure for Land Development in Suburban and Rural Areas
NFPA 1142	Standard on Water Supplies for Suburban and Rural Fire Fighting
NFPA 1143	Standard for Wildland Fire Management
NFPA 1144	Standard for Reducing Structure Ignition Hazards from Wildland Fire
NFPA 1145	Guide for the Use of Class A Foams in Manual Structural Fire Fighting
NFPA 1150	Standard on Foam Chemicals for Fires in Class A Fuels
NFPA 1192	Standard on Recreational Vehicles
NFPA 1194	Standard for Recreational Vehicle Parks and Campgrounds

NFPA 1201	Standard for Providing Emergency Services to the Public
NFPA 1221	Standard for the Installation, Maintenance, and Use of Emergency Services Communications Systems
NFPA 1250	Recommended Practice in Emergency Service Organization Risk Management
NFPA 1401	Recommended Practice for Fire Service Training Reports and Records
NFPA 1402	Guide to Building Fire Service Training Centers
NFPA 1403	Standard on Live Fire Training Evolutions
NFPA 1404	Standard for Fire Service Respiratory Protection Training
NFPA 1405	Guide for Land-Based Fire Fighters Who Respond to Marine Vessel Fires
NFPA 1410	Standard on Training for Initial Emergency Scene Operations
NFPA 1451	Standard for a Fire Service Vehicle Operations Training Program
NFPA 1452	Guide for Training Fire Service Personnel to Conduct Dwelling Fire Safety Surveys
NFPA 1500	Standard on Fire Department Occupational Safety and Health Program
NFPA 1521	Standard for Fire Department Safety Officer
NFPA 1561	Standard on Emergency Services Incident Management System
NFPA 1581	Standard on Fire Department Infection Control Program
NFPA 1582	Standard on Comprehensive Occupational Medical Program for Fire Departments
NFPA 1583	Standard on Health-Related Fitness Programs for Fire Department Members
NFPA 1584	Recommended Practice on the Rehabilitation of Members Operating at Incident Scene Operations and Training Exercises
NFPA 1600	Standard on Disaster/Emergency Management and Business Continuity Programs
NFPA 1620	Recommended Practice for Pre-Incident Planning
NFPA 1670	Standard on Operations and Training for Technical Search and Rescue Incidents
NFPA 1710	Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations, and Special Operations to the Public by Career Fire Departments
NFPA 1720	Standard for the Organization and Deployment of Fire Suppression Operations, Emergency Medical Operations and Special Operations to the Public by Volunteer Fire Departments
NFPA 1800	Standard on Electronic Safety Equipment for Emergency Services
NFPA 1851	Standard on Selection, Care, and Maintenance of Protective Ensembles for Structural and Proximity Fire Fighting
NFPA 1852	Standard on Selection, Care, and Maintenance of Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA)
NFPA 1901	Standard for Automotive Fire Apparatus
NFPA 1906	Standard for Wildland Fire Apparatus
NFPA 1911	Standard for the Inspection, Maintenance, Testing, and Retirement of In-Service Automotive Fire Apparatus
NFPA 1912	Standard for Fire Apparatus Refurbishing
NFPA 1925	Standard on Marine Fire-Fighting Vessels
NFPA 1931	Standard for Manufacturer's Design of Fire Department Ground Ladders
NFPA 1932	Standard on Use, Maintenance, and Service Testing of In-Service Fire Department Ground Ladders
NFPA 1936	Standard on Powered Rescue Tools
NFPA 1951	Standard on Protective Ensembles for Technical Rescue Incidents
NFPA 1961	Standard on Fire Hose
NFPA 1962	Standard for the Inspection, Care, and Use of Fire Hose, Couplings, and Nozzles and the Service Testing of Fire Hose

NFPA 1963	Standard for Fire Hose Connections
NFPA 1964	Standard for Spray Nozzles
NFPA 1965	Standard for Fire Hose Appliances
NFPA 1971	Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting
NFPA 1975	Standard on Station/Work Uniforms for Fire and Emergency Services
NFPA 1977	Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting
NFPA 1981	Standard on Open-Circuit Self-Contained Breathing Apparatus (SCBA) for Emergency Services
NFPA 1982	Standard on Personal Alert Safety Systems (PASS)
NFPA 1983	Standard on Life Safety Rope and Equipment for Emergency Services
NFPA 1989	Standard on Breathing Air Quality for Fire and Emergency Services Respiratory Protection
NFPA 1991	Standard on Vapor-Protective Ensembles for Hazardous Materials Emergencies
NFPA 1992	Standard on Liquid Splash-Protective Ensembles and Clothing for Hazardous Materials Emergencies
NFPA 1994	Standard on Protective Ensembles for First Responders to CBRN Terrorism Incidents
NFPA 1999	Standard on Protective Clothing for Emergency Medical Operations
NFPA 2001	Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems
NFPA 2010	Standard for Fixed Aerosol Fire Extinguishing Systems
NFPA 2112	Standard on Flame-Resistant Garments for Protection of Industrial Personnel Against Flash Fire
NFPA 2113	Standard on Selection, Care, Use, and Maintenance of Flame-Resistant Garments for Protection of Industrial Personnel Against Flash Fire
NFPA 5000	Building Construction and Safety Code®

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- www.abnt.org.br
- www.iso.org
- www.nfpa.org
- www.fpaa.com.au/
- www.astm.org
- www.afnor.org
- www.standardsuk.com
- www.din.de
- www.jsa.or.jp
- www.iram.com.ar/
- www.inn.cl
- www.accustandard.com

XXIX
LIGA NACIONAL DOS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES DO BRASIL

CEL BM Adilson Alcides de Oliveria
Comandante-Geral do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina e Presidente da LIGABOM

A Liga Nacional dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil (LIGABOM) é uma associação civil, sem fins lucrativos e de caráter permanente, idealizada pelos comandantes-gerais dos Corpos de Bombeiros Militares, que compõem os Estados e o Distrito Federal, e tem como finalidades:

• Participar das formulações, acompanhamentos e avaliações das políticas e diretrizes nacionais relacionadas com a defesa civil, segurança pública, defesa social e atividades específicas dos Corpos de Bombeiros Militares, propondo medidas e ações, colaborando ainda nas suas implementações; acompanhar em articulação com os órgãos competentes, a implementação da política nacional de defesa civil, segurança pública e defesa social e contribuir para a correspondente formulação de ações em níveis regionais.

• Indicar os representantes dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil em conselhos, comissões, grupos de trabalho, audiências públicas e outros eventos promovidos em âmbito nacional.

• Buscar o provimento eficaz e eficiente de ações de defesa civil e segurança pública, visando ao pleno atendimento dos anseios da sociedade para a manutenção da paz social.

• Promover e intensificar a aproximação com os órgãos federais permanentes, visando à integração de esforços, no sentido do exercício de sua representatividade política e jurídica.

• Promover intercâmbio com organizações nacionais e internacionais objetivando o aprimoramento técnico-profissional e científico dos Bombeiros Militares Estaduais e do Distrito Federal.

• Promover estudos e pesquisas interdisciplinares nas áreas de prevenção, combate a incêndio, busca e salvamento, perícia de incêndio, socorro em emergências médicas pré-hospitalar e outros.

• Apoiar a Secretaria Nacional de Defesa Civil – SNDC nas ações de atendimento a grandes sinistros no território nacional, bem como apoiar os Corpos de Bombeiros Militares dos Estados e do Distrito Federal, no treinamento e logística.

• Promover a padronização de normas técnicas contra incêndio e pânico, busca e salvamento, perícia de incêndio, emergência pré-hospitalar, bem como a elaboração e distribuição de leituras selecionadas.

A liga é um colegiado composto pelos comandantes dos Corpos de Bombeiros Militares, os quais, na qualidade de membros, detêm o poder de voto. O plenário é o órgão máximo de deliberação do conselho, que é

composto pelo presidente, vice-presidente e pelos representantes regionais, incumbidos de apreciar os assuntos que lhe forem submetidos e se reunirá ordinariamente a cada semestre para debates de assuntos de interesse das corporações.

O conselho deliberativo será eleito para o mandato de um ano, permitindo-se reeleição.

Possui uma diretoria executiva que é composta pelo secretário-geral; secretário executivo e coordenador político; oficial de comunicação social; tesoureiro; assessor de informações regionais e estatística; assessor de pesquisa e estudos técnicos; tendo a missão de assessoramento da liga.

A LIGABOM tem sido o fórum de conhecimento e de integração brasileira, possibilitando que as corporações promovam discussões, entre elas, a sociedade civil organizada, os governos e comunidade técnica, com o fulcro na busca de soluções para os problemas e dificuldades por conta da falta de uma política mais consistente dos governos para com os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil. Essa temática tem norteado nossos encontros e possibilitado avanços importantes, que cada vez mais tem mostrado que a comunhão de esforços produz grandes resultados e nos remete para um futuro melhor.

XXX
PEQUENA
HISTÓRIA DO SEGURO

Téc. Sérgio Duarte Cruz

Eng. Sérgio de Oliveira Soares

Desde o seu surgimento na face da Terra, o homem enfrenta a insegurança do desconhecido, a incerteza do futuro e o medo da imprevisibilidade dos acontecimentos. Tudo isso pode ser resumido em uma simples expressão: aversão ao risco.

Os principais riscos a que os homens estão sujeitos são muito antigos e podem consumir, em questão de segundos, suas próprias vidas e todos os bens que acumularam em anos de trabalho. Assim, a necessidade de proteção contra o perigo e a preocupação de preservar a vida e o patrimônio também não são recentes.

0 instinto de preservação do homem levou-o a se defender de todo tipo de ameaças e perigos, não só quando procurou abrigo em cavernas para se proteger de tempestades e do ataque de outros animais, mas também quando procurava habitar regiões fartas em água e alimentação para si e para sua família.

Por não conseguir resguardar-se sozinho dos perigos e por não poder viver isolado, pois depende vitalmente de seu semelhante a quem oferece e de quem recebe colaboração, o homem foi, gradativamente, criando laços de solidariedade e passou a viver em grupos sociais mais amplos. Mas a interdependência gerada entre os indivíduos e as atividades existentes dentro desses novos grupos sociais fez com que a perda de uma vida humana ou a destruição de qualquer bem produzido pela coletividade fosse capaz de afetar a estabilidade dos todos os membros dessa sociedade.

A partir dessa constatação, o desenvolvimento racional da humanidade fez com que o homem buscasse cada vez mais uma vida com maior proteção, segurança e conforto, mas incoerentemente com maiores riscos.

As formas encontradas pelo homem para enfrentar a insegurança, a incerteza e a imprevisibilidade variaram ao longo do tempo, mas a princípio o sistema básico permaneceu o mesmo, ou seja, sempre seria necessário considerar fatores como: a previdência, a poupança coletiva, o mutualismo, o cálculo das probabilidades, a dispersão dos riscos, a homogeneidade de fenômenos, a pulverização de perdas e a não-seleção de riscos.

Isso só poderia ser garantido por meio de uma instituição: o seguro.

1. Os primórdios

Cerca de 2.500 anos antes da Era Cristã, os cameleiros da Babilônia, preocupados com as constantes perdas nas caravanas, instituíram, mediante um acordo, uma forma mutualista de amparar um companheiro prejudicado: se um deles perdesse um animal durante uma das caravanas, fosse por morte ou desaparecimento, receberia outro, pago por todos os demais cameleiros.

Mais tarde, procedimento similar veio a ser adotado posteriormente pelos navegadores fenícios e hebreus. Mesmo sendo grandes navegadores, eles enfrentavam riscos fantásticos para levar suas cargas nas frágeis embarcações. Foram organizados grupos de navegadores e se algum deles tivesse sua carga avariada ou perdida durante a viagem era compensado por seus prejuízos com os recursos angariados pelo grupo.

Os primeiros seguros a surgirem no mundo foram: o seguro marítimo, seguindo-se o surgimento do seguro terrestre; mais tarde surgiu o seguro de vida privado e finalmente o social. Entre os seguros terrestres, de início, havia somente o seguro incêndio. Em Roma, desde o século VII AC, tomavam-se medidas contra o fogo.

No século XII DC, surgiu uma modalidade de seguro chamada de Contrato de Dinheiro a Risco Marítimo, por meio da qual a pessoa denominada financiador emprestava ao navegador o dinheiro correspondente ao valor da embarcação. Se a embarcação se perdesse, o navegador não devolvia o dinheiro emprestado, mas se a embarcação chegasse intacta ao seu destino, o dinheiro emprestado era devolvido ao financiador, acrescido de juros.

Em 1234, o Papa Gregório IX proibiu a realização de Contratos de Dinheiro a Risco Marítimo e, em conseqüência, surgiu uma forma similar de seguro, denominada Feliz Destino.

Na operação Feliz Destino, um banqueiro se tornava comprador da embarcação e das mercadorias transportadas e aguardava a chegada do navio ao destino. Se a embarcação chegasse sem sofrer qualquer sinistro, a cláusula de compra era anulada e o dinheiro devolvido ao banqueiro, com os juros do empréstimo. Se a embarcação e/ou carga se perdesse, o dinheiro adiantado pelo banqueiro corresponderia à indenização pelo sinistro.

Esses procedimentos foram passando por um processo de aprimoramento até que, em 1347, surgiu em Gênova – Itália, o primeiro contrato se seguro marítimo, com a emissão da respectiva apólice de seguro.

Somente em 1591, na cidade de Hamburgo, surgiu uma grande empresa de seguros denominada "Contrato de Fogo" formada pelos proprietários de cem fábricas de cerveja. Mais tarde, em 1676, a essa empresa se fundiram outras quarenta e seis menores do mesmo gênero, formando-se uma só que se denominou "Caixa de Incêndio da Cidade de Hamburgo", que foi considerada a primeira empresa de seguros da Europa.

No século XVII, registraram-se dois acontecimentos que marcaram uma nova fase no desenvolvimento do seguro:

• Na Inglaterra, Edward Lloyd criou uma Bolsa de Seguros denominada Lloyd's, que ensejou, mais tarde, a criação de instituições até hoje existentes no mundo, dentre as quais destacamos a Sociedade Classificadora de Navios – *Lloyd's Register of Shipping* – e o periódico *Jornal Lloyd List*.

• Na França, foi criada uma associação de seguro denominada "Tontinas", cujos membros contribuíam durante um período determinado e, após esse prazo, distribuíam os recursos apurados entre os sobreviventes.

A era das grandes navegações marítimas impulsionou fortemente o desenvolvimento do seguro no mundo; entretanto, somente com o advento das máquinas na Era Industrial é que ocorreu o desenvolvimento de outros ramos de seguro, como os de incêndio e de vida de empregados.

Seguiu-se a fundação de empresas de seguros na Inglaterra, na França e nos EUA, e desencadeou-se um vertiginoso desenvolvimento do seguro nessa época, especialmente depois de 1835, ano do grande incêndio de Nova York, quando surgiu o costume de se exigir o seguro dos bens do devedor para efeito de crédito bancário.

O seguro social foi o último a surgir e o seu berço foi a Alemanha na qual, em 1883, foi promulgada a primeira lei de seguro obrigatório e de caráter social do mundo. Daí, até hoje, o seguro experimentou uma grande evolução, chegando aos nossos dias como a maneira mais justa e prática para compensar as conseqüências desagradáveis resultantes de imprevistos.

2. Os marcos da história do seguro no Brasil

No Brasil, o seguro também se desenvolveu a partir das grandes navegações, tendo como marco a abertura dos portos brasileiros às nações amigas, por D. João VI.

O seguro iniciou-se efetivamente no Brasil em 1808, na Bahia, com a criação da primeira empresa de seguros denominada Companhia de Seguros Boa Fé, que operava apenas com o seguro marítimo.

O Código Comercial Brasileiro regulamentou as operações de seguros de transportes marítimos no Brasil e com o surgimento de novas seguradoras outros ramos de seguro começaram a aparecer, como o de incêndio, o de vida e o de mortalidade de escravos.

A partir de 1860, houve um crescimento das atividades de seguro, com o ingresso das seguradoras estrangeiras no País.

Pode-se dizer que a Era Moderna do seguro se iniciou com o Código Civil Brasileiro em 1916, e consolidou-se com o Decreto-lei nº 73, em 1966.

O advendo do seguro social no Brasil foi marcado com a promulgação da Lei n° 3.724, de 1919, relativa a acidentes no trabalho, mas com a abrangência de benefícios como hoje temos e com a participação de empregados e empregadores, iniciou-se com a chamada "Lei Eloi Chaves". Lei n° 4.682, de 1923, que criou a "Caixa de Aposentadoria e Pensões" para os trabalhadores das estradas de ferro.

3. O seguro-incêndio no Brasil

O seguro de incêndio no Brasil, de uma forma organizada, teve sua origem no final do século XIX. As seguradoras que atuavam no país naquela época (em especial, as de origem inglesa) trouxeram para o Brasil conceitos que já eram adotados na Europa e contribuíram decisivamente para o desenvolvimento desse seguro em nosso país.

As seguradoras obtinham sua licença de operação por meio de decretos imperiais. Muitas dessas seguradoras mantinham em seus escritórios um quadro reproduzindo o decreto assinado por Dom Pedro II, autorizando a operação da seguradora em nosso país. Algumas dessas seguradoras operam em nosso mercado até hoje.

As tarifas originais eram cópias adaptadas daquelas vigentes na Inglaterra e suas taxas eram fixadas em frações ordinárias, ou seja, um seguro de uma residência tinha sua taxa fixada em 1/8% (ou 0,125%). Já algumas atividades industriais tinham suas taxas afixadas em 3/8% (ou 0,375%) e assim por diante. Aliás, até meados do século 20, um dos requisitos fundamentais para a contratação de funcionários por uma seguradora era o profundo conhecimento de frações. Se o candidato não fosse bom no assunto, ele não seria admitido.

Esse conceito só foi abandonado quando da introdução da Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil, a qual será objeto de comentários mais adiante.

Entre as seguradoras nacionais que surgiram com o tempo, talvez a mais antiga seja a Argus Fluminense, que teve sua origem na cidade de Campos, no Estado do Rio de Janeiro. Essa companhia sobreviveu até recentemente, quando foi adquirida por outro grupo financeiro dando origem à operação brasileira da Chubb, conceituada seguradora do mercado norte-americano.

Foi durante o século passado que o seguro-incêndio se desenvolveu. Surgiu a figura do co-seguro, ou seja, um procedimento pelo qual se permitia dividir o valor segurado, e o correspondente prêmio de seguro, entre uma seguradora líder (que emitia a apólice pelo total valor total) e outras seguradoras participantes.

Com isso evitava-se que, no caso de uma grande perda, a seguradora líder tivesse dificuldades para pagar a indenização, que, entretanto, só era efetuada após a coleta da parcela do seguro assumida por cada companhia participante.

As tarifas eram diferenciadas em cada Estado do Brasil. A tarifa de seguro-incêndio do Estado de São Paulo, por exemplo, já apresentava conceitos modernos para seleção de riscos, sendo que suas taxas eram especificadas em frações ordinárias, variando de acordo com a periculosidade de cada atividade industrial e comercial. De um modo geral, as taxas variavam de 1/8% até 3%, mas existiam fatores que as modificavam, conforme aplicação de cláusulas limitativas para certas atividades, tais como:

Cláusula 1 ou 1-A

Eram aplicáveis praticamente a todas as atividades e limitava a quantidade de inflamáveis que poderia existir em um risco comercial ou industrial. Tal cuidado tinha sua razão de ser, pois, durante a Segunda Guerra Mundial (de 1942 a 1945), a guarda de estoque de gasolina em garagens ou em estabelecimentos foi uma prática generalizada em todo o Brasil.

Cláusula 2

Permitia o uso e armazenamento de maior quantidade de inflamáveis, porém com um sensível acréscimo nas taxas.

Existiam ainda outras condições especiais, ou seja, a concessão do desconto de 10% para os riscos localizados em prédios de construção superior (as construções com paredes de alvenaria e cobertas com laje de concreto). No oposto, existiam adicionais para os prédios de construção mista (aqueles que tivessem até 25% de sua construção em madeira) ou inferior (aqueles que fossem construídos em material combustível e que assim tinham suas taxas agravadas em 100%).

Já os prédios comuns, designados como construção sólida, não sofriam aplicação de qualquer adicional em suas taxas, a menos que providos de mais de três pavimentos, quando sofriam um adicional de altura estipulado em 10%.

As atividades industriais em nosso país eram bastante limitadas, com preponderância para as atividades de transformação (beneficiamento de café, algodão, arroz, etc.), ou ainda produção de artigos de metal ou madeira.

Na época, uma das empresas de maior destaque no Brasil era a Indústrias Matarazzo, que produziam quase tudo que se possa imaginar, desde óleos vegetais, tecidos e produtos de limpeza, até cimento, cigarros e pro-

dutos alimentícios. Aliás, a Matarazzo (como era conhecida por todos) era tão grande, que possuía uma pequena refinaria de petróleo para produção dos combustíveis utilizados pelos veículos da empresa.

Mas talvez a maior preocupação dos seguradores da época fosse com os riscos de algodão, na época uma das duas principais riquezas do Estado e que era regida por uma tarifa especial, a famosa NTA (Normas Tarifárias de Algodão). Essa tarifa era bastante seletiva e para determinação de taxas aplicavam-se conceitos de proteção e segurança, tais como:

- Variação de taxas para as usinas situadas a menos de 30 metros de linhas férreas a vapor.
- Rigoroso critério de separação de riscos (paredes corta-fogo).
- Critérios definidos para peso e tamanho dos fardos de algodão.
- Diferenciação entre tulhas abertas ou fechadas.
- Existência de meios de proteção contra incêndio, por extintores, hidrantes e até mesmo por tambores, contendo água e baldes. Por curiosidade, os extintores geralmente utilizados e requeridos pelas normas eram de tipos que não mais existem (soda ácido e tetra cloreto de carbono). Até os anos 40, extintores de gás carbônico eram uma raridade.
- Aplicação de adicionais para os locais de depósito que contassem com valores acima de um limite suportável.

Essa tarifa teve validade até meados de 1960 e ainda hoje é considerada um exemplo de como o seguro de incêndio influenciou a construção e a operação de usinas de algodão, melhorando suas condições de risco, não apenas no Estado de São Paulo, mas em todo o país.

4. A criação do IRB – Instituto de Resseguros do Brasil

O Instituto de Resseguros do Brasil foi criado em 1954, durante o governo de Getulio Vargas, e representou uma grande melhoria para o mercado nacional, pois por meio de conceitos técnicos, o IRB determinava o valor máximo que uma seguradora poderia reter na cobertura de incêndio, absorvendo a diferença entre esse valor e o total do valor em risco (valor segurável).

A criação do IRB evitou a remessa de coberturas para o mercado inglês (e, consequentemente, de prêmios de seguro), permitindo que fossem mantidos no Brasil os excedentes que normalmente não poderiam ser cobertos pelas seguradoras.

O IRB criou o Manual de Resseguro Incêndio, considerado um marco na classificação de riscos, que continha rubricas específicas para todos os tipos de atividades existentes no país. O manual indicava fatores de agravamento de acordo com a ocupação do risco que variavam da classe 1 (moradias, escritórios) até a classe 13 (riscos envolvendo explosivos). De um modo geral, a maioria das atividades industriais encaixava-se nas classes de ocupação 3, 4 ou 5.

O fator básico para determinar o limite de resseguro era o LOC – letras iniciais de Localização, Ocupação e Construção – empregado, até hoje, pelo mercado para avaliar riscos seguráveis.

Para compor o LOC consideram-se os seguintes elementos:

Localização: De 1 a 4, de acordo com a qualidade e quantidade de meios públicos de proteção existentes em cada área ou localidade.

Ocupação: Graduação pontual, que indica o grau de risco da atividade exercida pelo segurado.

Construção: De 1 a 4, dependendo do tipo de construção do local segurado, ou seja, construção superior, sólida, mista ou inferior.

A combinação desses três fatores, em conjunto com as condições de isolamento da área, determinava o quanto uma seguradora poderia reter para cobertura de incêndio.

No caso de riscos de grandes proporções, o IRB fornecia uma tabela de classificação, que era rigorosamente seguida pelas seguradoras, já que o resseguro, no passado, era feito para cada risco isolado (ou seja, com base no valor de cobertura de cada edifício isolado dentro de um mesmo complexo industrial).

Com a criação do IRB, o mercado segurador brasileiro obteve sua maioridade. Os limites de retenção das seguradoras eram determinados de acordo com suas reservas, evitando assim a falência de companhias de seguro

no caso de ocorrência de grandes sinistros. Também foi criada uma disciplina para os critérios de avaliação e seleção de riscos.

O IRB foi também um importante centro para criação de talentos e seus funcionários apresentavam notável conhecimento de riscos e seguros.

5. A tarifa de seguro-incêndio do Brasil

No final de 1952, com a publicação da TSIB (Tarifa de Seguro Incêndio do Brasil), foram eliminadas as tarifas estaduais e introduzidos novos conceitos para taxação e classificação de riscos.

Entre as novidades introduzidas, salientamos:

• As taxas foram fixadas em tabelas, de acordo com o fator LOC (Localização, Ocupação e Construção) aplicável a cada risco isolado.

• Foram criadas clausulas específicas para algumas atividades em que não deveriam existir produtos perigosos. Eram as cláusulas 304 e 305, sendo que as taxas mais reduzidas eram aplicadas aos riscos nos quais não havia emprego de substâncias perigosas.

• Foram definidos critérios para isolamento de risco, construção e para o seguro de explosão não seguida de incêndio.

Posteriormente, foi expedida a Portaria 21 do DNSPC – Departamento Nacional de Seguros Privados e Capitalização (mais tarde substituída pela circular 12 da SUSEP), que regulamentou vários aspectos duvidosos e que passaram a ser utilizados para concessão de descontos por meios de proteção, a saber:

• **Desconto por extintores (5%) –** definindo o número mínimo de aparelhos de acordo com a metragem quadrada do estabelecimento e a classe de ocupação do risco.

• **Desconto por hidrantes (variando entre 5 e 24%) –** dependendo do tipo de abastecimento (se por gravidade ou bombas), especificando o número mínimo de tomadas de água, dimensão de mangueiras e esguichos, reserva para incêndio, etc.

Posteriormente, novas regulamentações surgiram, definindo descontos para outros tipos de proteção, tais como detecção de calor ou fumaça, sprinklers, mangotes, etc.

A Portaria 21 criou também um importante parâmetro permitindo a concessão de taxas mais reduzidas para os riscos especiais. O critério era baseado na concessão de redução de classes de ocupação aos riscos que conseguissem se caracterizar como melhores que os demais de sua classe.

Foi uma época de muito otimismo e durante a qual grande parte da indústria nacional (principalmente a automobilística) beneficiou-se desses critérios. Porém o otimismo acabou quando da ocorrência de três graves incêndios nos princípios dos anos 70 (Edifício Andraus, Edifício Joelma e Volkswagen do Brasil). A partir dessa época o mercado segurador tornou-se mais rigoroso.

Já nos anos 80, ocorreu uma fase de modernização de tarifas e conceitos. Foram criadas tarifações especiais para petroquímicas, além de novas modalidades de seguro (riscos operacionais, riscos nomeados e multirriscos).

6. Seguro compreensivo de propriedades

A contratação de um adequado Programa de Seguros deve ter como objetivo a obtenção dos seguintes benefícios:

• Amplitude de coberturas.

• Preços compatíveis com os riscos em garantia.

• Facilidade e eficiência na administração do programa.

• Rapidez e exatidão no pagamento de indenizações de sinistros.

No Brasil, até recentemente, esses benefícios não podiam ser obtidos na íntegra devido às rígidas tarifas

existentes para o mercado segurador, o que impedia, na prática, a contratação de apólices que atendessem às necessidades específicas de cada indústria. Porém com a desregulamentação do setor de seguros e a eliminação de tarifas foi possível negociar coberturas mais adequadas às operações e atividades das empresas brasileiras.

Existem atualmente no mercado segurador brasileiro, três tipos de Seguros Compreensivos e, em termos gerais, as principais diferenças entre esses formatos de apólices são as seguintes:

• Multiriscos ou Empresariais

Apólice de fácil contratação e de custo acessível, a qual, entretanto, apresenta pouca flexibilidade no que se refere à determinação de Riscos Cobertos e Importâncias Seguradas. A apólice deve ser emitida respeitando os parâmetros estabelecidos no plano de resseguro previamente negociado pela seguradora com o Instituto de Resseguros do Brasil.

Muitas vezes, esse tipo de apólice oferece apenas coberturas básicas padronizadas, (impossibilitando a inclusão de cobertura para Lucros Cessantes e Quebra de Máquinas, ao mesmo tempo em que as importâncias seguradas estabelecidas para as demais garantias adicionais e/ou acessórias representam somente um percentual fixo da importância segurada básica. As franquias, quando existentes, também são fixas e predeterminadas pela seguradora.

Isso torna esse produto inviável para várias empresas nas quais a maior exposição a risco está localizada em eventos normalmente considerados como secundários pela maioria das outras empresas (por exemplo, danos elétricos, vendaval, queda de aeronaves, inundação, fumaça, danos por água, ambientes frigorificados, etc.) ou quando o segurado está disposto a aceitar faixas mais amplas de franquia.

• Riscos Nomeados

Esse tipo de contrato de seguros consiste, basicamente, na emissão de apenas uma apólice, relacionando as exposições aos riscos de danos materiais identificados na operação da empresa (Riscos Cobertos ou Nomeados) e na qual se estabelece um Limite Máximo de Indenização equivalente à perda máxima possível de ser verificada em um único acidente.

Essa perda máxima é calculada com base no valor dos ativos fixos (prédios, máquinas e estoques) existentes nos locais ocupados pela empresa, dentro de território nacional, e que forem objeto da apólice.

O Limite Máximo de Indenização pode eventualmente ser fixado para cada um dos riscos cobertos, de acordo com a exposição existente em cada empresa, enquanto que o valor das franquias pode ser livremente negociado com a seguradora.

• Riscos Operacionais

Esse tipo de contrato de seguros é bastante semelhante ao seguro de Riscos Nomeados no que se refere à fixação das importâncias seguradas (Perda Máxima Possível).

Tratando-se de uma apólice do tipo “All Risks” (todos os riscos), que garante inclusive o risco de quebra de máquinas, não há necessidade de indicar no contrato quais são os riscos cobertos; o importante nesse tipo de apólice é analisar se as exclusões de garantias e os riscos não-cobertos são aceitáveis pela empresa e compatíveis com suas necessidades de proteção por seguros.

Normalmente, as franquias no seguro de Riscos Nomeados são elevadas, mas também podem ser livremente negociadas com a seguradora, caso a empresa decida não aceitar grandes participações em prejuízos decorrentes dos riscos cobertos.

As principais vantagens apresentadas pelos Seguros Compreensivos de Propriedades são as seguintes:

• Economia de prêmio em relação ao custo de um seguro contratado por meio de apólices tradicionais de seguro de propriedades.

• Flexibilidade na determinação dos riscos cobertos.

• Permite a escolha de maior ou menor participação do segurado em prejuízos decorrentes de riscos cobertos.

• Redução na possibilidade de aplicação de rateio por insuficiência de cobertura.

• Simplificação dos procedimentos para liquidação de eventuais sinistros.

• Redução no volume de informações necessárias à emissão da apólice e, conseqüentemente, no trabalho de administração dos contratos de seguro.

Nos Seguros Compreensivos de Propriedades é absolutamente indispensável que haja uma correta definição dos parâmetros utilizados para contratação da apólice, pois em caso de eventual sinistro essas mesmas informações serão utilizadas como base para determinação do valor total dos ativos danificados e também para cálculo dos prejuízos indenizáveis.

Valor em Risco

Corresponde ao total do valor de reposição de prédios, máquinas, equipamentos, móveis, utensílios e estoques existentes em cada um dos locais segurados.

Limite Máximo de Indenização

Equivale ao valor da perda máxima possível de ser constatada em um único acidente que venha a ocorrer no maior dos locais segurados.

A prévia definição de critérios para determinação de valores segurados é muito importante, pois nas apólices compreensivas de propriedades:

• o custo do seguro é, em grande parte, determinado com base na relação Limite Máximo de Indenização/ Valor em Risco Total.

• em caso de eventuais sinistros, o pagamento de corretas indenizações dependerá da confiabilidade das informações relativas ao Valor em Risco Total.

Dependendo da garantia que o segurador receba quanto à exatidão do Valor em Risco, a apólice de seguros poderá ser contratada sob duas condições distintas:

• 1º Risco Absoluto.
• 1º Risco Relativo.

A diferença básica entre essas duas condições é a possibilidade de aplicação de rateio ao valor dos prejuízos em caso de sinistro.

Caso o seguro seja contratado a 1º Risco Absoluto, a indenização dos prejuízos é feita integralmente, até o valor do Limite Máximo de Indenização fixado na apólice, sem que haja qualquer tipo de comparação entre o valor total dos ativos fixos (Valor em Risco) e o valor declarado na apólice.

Entretanto se o seguro for contratado a 1º Risco Relativo, o procedimento a ser utilizado em caso de sinistro será o seguinte:

• o Valor em Risco informado no início de vigência da apólice será comparado com o Valor em Risco apurado na data do sinistro.

• caso o Valor em Risco informado no início de vigência da apólice seja inferior ao Valor em Risco apurado na data do sinistro, a indenização dos prejuízos será reduzida nessa proporção e paga até o valor do limite segurado.

Em termos práticos, as seguradoras e o IRB Brasil Re. (ressegurador) tem confirmado a condição de 1º Risco Absoluto apenas para empresas que apresentem o resultado de avaliação patrimonial executada por empresa profissional especializada. Nos demais casos, a condição técnica oferecida no mercado tem sido a de 1º Risco Relativo, incluindo uma margem de segurança que, em última análise, admite erros de avaliação interna (e variações) de até 25% nos valores de reposição, sem que isso influencie ou altere eventuais indenizações de sinistro, as quais serão pagas até o valor do limite segurado.

Normalmente a escolha da base de avaliação é tida como um assunto de ordem técnica de seguro. Na realidade, porém, trata-se mais de uma decisão financeira do que propriamente técnica de seguros. A questão está em decidir quanto a empresa quer ou precisa receber na hora de um sinistro e estabelecer valores de acordo com essa decisão.

A falta de um adequado posicionamento da empresa no que se refere a esse assunto, quando da contratação de uma apólice de seguros, conduzirá certamente a indenizações insuficientes ou ao pagamento de prêmios em excesso.

7. A abertura do mercado brasileiro de resseguros

Em 15 de janeiro de 2007, o presidente em exercício, José Alencar, sancionou a Lei Complementar 126 que prevê a abertura do mercado brasileiro de resseguros e estabelece novas regras para as operações de resseguro e retrocessão a serem realizadas doravante no país.

As operações de resseguro e retrocessão, antes realizadas exclusivamente por intermédio do IRB Brasil Re., serão realizadas agora com os seguintes tipos de resseguradores:

Ressegurador local

Ressegurador sediado no País constituído sob a forma de sociedade anônima, tendo por objeto exclusivo a realização de operações de resseguro e retrocessão.

Ressegurador admitido

Ressegurador sediado no exterior, com escritório de representação no País, que, atendendo às exigências previstas na Lei Complementar e nas normas aplicáveis à atividade de resseguro e retrocessão, tenha sido cadastrado como tal no órgão fiscalizador de seguros para realizar operações de resseguro e retrocessão.

Ressegurador eventual

Empresa resseguradora estrangeira sediada no exterior sem escritório de representação no País que, atendendo às exigências previstas na Lei Complementar e nas normas aplicáveis à atividade de resseguro e retrocessão, tenha sido cadastrada como tal no órgão fiscalizador de seguros para realizar operações de resseguro e retrocessão.

Empresas estrangeiras sediadas em paraísos fiscais não poderão atuar como ressegurador eventual.

São considerados paraísos fiscais aqueles países ou dependências que não tributam a renda ou que a tributam em alíquota inferior a 20% ou, ainda, cuja legislação interna oponha sigilo relativo à composição societária de pessoas jurídicas ou à sua titularidade.

Resumo das regras aplicáveis

Os resseguradores locais estarão sujeitos à fiscalização e supervisão dos Órgãos Reguladores de Seguros, consideradas as peculiaridades técnicas, contratuais, operacionais e de risco da atividade de cada uma dessas empresas.

O ressegurador admitido ou eventual deverá atender aos seguintes requisitos mínimos para estar apto a realizar suas atividades no Brasil:

• estar constituído, segundo as leis de seu país de origem, para subscrever resseguros locais e internacionais nos ramos em que pretenda operar no Brasil e que tenha dado início a tais operações no país de origem, há mais de 5 (cinco) anos.

• dispor de capacidade econômica e financeira não inferior à mínima estabelecida pelo órgão regulador de seguros brasileiro.

• ser portador de avaliação de solvência elaborada por agência classificadora reconhecida pelo órgão fiscalizador de seguros brasileiro, com classificação igual ou superior ao mínimo estabelecido pelo órgão regulador de seguros brasileiro.

Critérios básicos para cessões

O limite máximo que poderá ser cedido anualmente a resseguradores eventuais será fixado pelo Poder Executivo.

Observadas as normas do órgão regulador de seguros, a cedente contratará ou ofertará preferencialmente para resseguradores locais, pelo menos:

• 60% de sua cessão de resseguro, nos três primeiros anos após a entrada em vigor da Lei Complementar.

• 40% de sua cessão de resseguro, após decorridos três anos da entrada em vigor da Lei Complementar.

Em até 180 dias, o órgão regulador de seguros preparará a regulamentação para operação dos resseguradores, inclusive o detalhamento do direito de preferência.

Circular PRESI 1/2007

De acordo com as novas regras estabelecidas pelo IRB Brasil Re., em 5 de janeiro de 2007, os resseguradores internacionais poderão operar com o IRB desde que atendam a padrões mínimos de avaliação, conforme abaixo:

S&P	FITCH	MOODY´S	AM BEST	RESPONSABILIDADE MÁXIMA
AAA	AAA	Aaa	A++ A+	30% do patrimônio líquido
AA+ AA AA-	AA+ AA AA-	Aa1 Aa2 Aa3	A A-	25% do patrimônio líquido
A+ A A-	A+ A A-	A1 A2 A3	B++ B+	15% do patrimônio líquido

Basicamente essas regras estabelecem os limites máximos de retrocessão, por linha de negócios, de acordo com a avaliação aprovada para o ressegurador / cativa e respectivo patrimônio líquido.

No caso da cativa não atender a esses requisitos mínimos, ela somente poderá receber retrocessões do IRB se atender às seguintes exigências:

• Fornecer uma garantia financeira sob a forma de carta de crédito emitida por instituição financeira reconhecida e confiável, em montante equivalente à parte do risco retido pela cativa.

• Operar com mercados de retrocessão que atendam à avaliação mínima acima indicada, e submeter ao IRB a Cláusula Cut-Through entre a cativa e sua retrocessionária. Essa cláusula garantirá o pagamento direto de sinistros ao IRB pela retrocessionária da cativa, proporcionalmente à sua parte retida no risco.

8. Considerações finais

A Marsh acredita que a Lei Complementar estará definitivamente em vigor por volta do começo de agosto 2007, no mais tardar. Até lá nada deve mudar com respeito aos negócios de resseguros no Brasil.

As cessões para resseguradores baseados em paraísos fiscais (incluindo cativas) provavelmente sofrerão sérias restrições. Dessa forma, recomendamos que as negociações de contratos se iniciem com, pelo menos, 90 dias antes da renovação.

No caso de programas cativos, pode ser necessário ter um ressegurador que atenda ao novo conjunto de normas.

Uma vez que a nova lei esteja em vigor, a dinâmica do mercado de resseguros no Brasil sofrerá mudanças importantes, tais como:

• Necessidade de fornecer informações mais completas e sofisticadas aos mercados de resseguros, de forma que a Marsh reforça a importância de que as negociações de contratos se iniciem com, pelo menos, 90 dias antes da renovação.

• Provável necessidade de utilizar as capacidades “net & treaty” dos seguradores locais antes de acessar mercados facultativos.

• Necessidade de rápido acesso e reserva de capacidades aprovadas de mercado.

MENSAGENS

A ACE Seguradora parabeniza e apoia toda equipe técnica envolvida, pela excelente iniciativa de desenvolver um material que distribua e ampliando assim a cultura de responsabilidade e cidadania.

Robert Hufnage,
Diretor - RCG

A Aon Risk Services apóia o livro "A Segurança Contra Incêndios no Brasil", pois trabalha com dedicação no constante desenvolvimento de soluções que ofereçam segurança para a vida humana e proteção para o patrimônio das empresas.
As soluções para segurança contra incêndios da Aon Risk Services contempla as obrigações legais, a aplicação das melhores práticas, as diretrizes específicas de cada organização, e a segurança e integridade da vida humana e do patrimônio e negócio da empresa.

Alexandre Botelho,
Diretor de Análise de Riscos

A prática do comércio socialmente responsável é compromisso mundial do Grupo Carrefour. E só se pode ser socialmente responsável quando se compartilha responsabilidades e se trabalha para o desenvolvimento sustentável e bem comum da sociedade.
Estar junto com o corpo de bombeiros e intelectualidade técnica neste projeto de segurança contra incêndios nos faz, mais uma vez, colocar em prática as nossas crenças e os nossos valores.

Antonio Marques Uchôa,
Diretor do Instituto Carrefour

A missão do CBCA – Centro Brasileiro da Construção em Aço é promover e ampliar a participação da construção em aço no mercado nacional, realizando ações para sua divulgação e apoiando o desenvolvimento tecnológico. Nesse contexto, e reconhecendo a ausência de literatura técnica brasileira específica na área, o CBCA apóia o lançamento do livro "A Segurança Contra Incêndio no Brasil", convicto de que está contribuindo para o fortalecimento de ensino da Arquitetura e Engenharia Civil, e a disseminação do conhecimento em nosso país.

Luis Fernando Martinez,
Diretor-Executivo do CBCA

O Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo, que tem por missão a proteção da vida, do meio ambiente e do patrimônio, regozija-se em poder contar com mais uma valiosa ferramenta à disposição dos seus integrantes. A prevenção é uma atividade primordial nos esforços da instituição e, muito apropriadamente, este livro contempla estudos científicos e experiências que vêm enriquecer e atualizar os conhecimentos de todos que atuam na área de segurança contra incêndios.

Cel PM Manoel Antonio da SIlva Araujo,
Comandante do Corpo de Bombeiros da PMESP

Cumprimentamos a todos os parceiros que de alguma forma contribuíram para a realização desta obra e que, como a D'Arthy Gráfica, têm comprometimento e responsabilidade social. Parabéns ao Carrefour por esta nobre iniciativa.

Eduardo de Freitas,
Diretor Comercial

A equipe da EBL Consultoria agradece a todos os participantes desta inédita e valiosa obra na área de segurança contra incêndios. Sentimo-nos honrados em colaborar com seu lançamento no Brasil e acreditamos que as duas "primas irmãs", ou seja, A Segurança Contra Incêndios e a Manutenção Predial e de Equipamentos devam sempre ser enfatizadas e valorizadas no ensino e no campo profissional brasileiro.

Eduardo Linzmayer,
Sócio-Diretor

A Abril está empenhada em contribuir para a difusão de informação, cultura e entretenimento, para o progresso da educação, a melhoria da qualidade de vida, o desenvolvimento da livre iniciativa e o fortalecimento das instituições democráticas do país (maio, 1980). Além disso, a Abril, ao longo de todos esses anos desde a sua fundação em 1950, mantém um compromisso com a sustentabilidade: trabalhar por um mundo melhor e mais justo para as futuras gerações.

Claudio Baronni,
Diretor Superintendente da Gráfica Abril

É com satisfação que a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo apóia a publicação deste livro, o qual evidencia que a segurança contra incêndio é uma nova área de pesquisa que une diretamente o interesse social e o científico.

Prof. Dr. Valdir Pignatta e Silva,
Departamento de Engenharia de Estruturas e Geotécnica

O livro A Segurança Contra Incêndio no Brasil é uma obra pioneira em nosso país e os méritos de sua publicação são inegáveis. Ao reunir, em um único trabalho, o capital intelectual de renomados especialistas no assunto, o livro torna-se fonte de referência para os mais diversos setores da economia e oferece base sólida para aplicação dos conceitos apresentados, além de orientar e estimular futuras gerações de profissionais interessados no tema.

Eduardo T. Marques,
Diretor Executivo

O tema segurança é a preocupação número um da Elevadores Otis. Todos nossos programas são orientados a garantir total segurança dos nossos clientes e funcionários. O livro "A Segurança Contra Incêndios no Brasil" compartilha da nossa visão e certamente terá papel fundamental na obtenção da segurança total.

Danilo Talanskas,
Presidente

MENSAGENS

Este livro, que reúne a experiência de profissionais de renomada e reconhecida experiência no mercado brasileiro em segurança contra incêndio é, sem qualquer dúvida, uma referência para arquitetos, engenheiros e outros profissionais da construção. A Gerdau Açominas sente-se orgulhosa de apoiar a sua publicação e contribuir assim para a disseminação de práticas de classe mundial e difusão do conhecimento.

Carlos A. A. Gaspar,
Gerente de Desenvolvimento

A Plural, orgulha-se em ter colaborado na execução desta obra. É muito gratificante poder aplicar nossos conhecimentos de forma a auxiliar numa missão tão nobre, quanto ao objetivo dessa edição. Além deste fato, permanece uma enorme satisfação, ao entendermos que independente da atuação de cada colaborador, em grupo conseguimos traçar e executar uma verdadeira parceria, com um único objetivo, o bem comum para a sociedade e as próximas gerações. Por ultimo, gostaríamos de sublinhar, por mais uma vez, a iniciativa do Carrefour em apadrinhar este projeto e a excelente equipe de coordenação que viemos a conhecer neste trabalho.

Carlos Jacomine,
Diretor Geral

A Projeto Editora sente-se honrada em participar da edição dessa importante obra realizada por conceituados profissionais, entre eles professores, militares e empresários e a todos que apoiaram e participaram diretamente e indiretamente da produção da publicação.

Alfredo Cônsolo Júnior,
Diretor Comercial

A Sul América Seguros tem grande prazer em apoiar esta iniciativa, em um momento em que o mercado segurador brasileiro passa por importantes modificações e necessita, cada vez mais, de profissionais com sólidos conhecimentos em proteção contra incêndio. A falta de informações atualizadas, em português, era a maior barreira para essa capacitação, que agora começa a ser removida com a publicação deste manual.

Carlos Almeida,
Vice-Presidente de Riscos Industriais e Comerciais

Segurança é um dos princípios básicos da Ultragaz, empresa pioneira na comercialização de GLP no Brasil, com mais de 70 anos de atuação no país. Esta obra é uma contribuição importante para que consumidores, empresas, e as pessoas que nelas trabalham, possam utilizar produtos e serviços de forma confiável.

Oswaldo Francesconi Filho,
Diretor Mercadológico

ISBN 978-85-61295-00-4
9 788561 295004

A SEGURANÇA

CONTRA INCÊNDIO NO BRASIL

ace seguros

AON RISK SERVICES

Carrefour

CBCA Centro Brasileiro da Construção em Aço

FAUUSP

EBL

EDITORA Abril

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

MMC MARSH MERCER KROLL GUY CARPENTER OLIVER WYMAN

OTIS Líder Mundial

PROJETO EDITORA

PERFIS GERDAU AÇOMINAS

CB-24 Comitê Brasileiro de Segurança Contra Incêndio

PLURAL INDÚSTRIA GRÁFICA

SulAmérica associada ao ING

ULTRAGAZ uma empresa do grupo

D'ARTHY gráfica

CB-PMESP